

Ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnaliga  
1997 yil Iyul oyida asos solingan bulib jurnal  
uch oyda bir marta chiqadi

#### Ta'sischi:

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

#### Moliyaviy qo'llab quvvatlovchilar:

«Navoiy KMK» DK,  
«Olmaliq KMK» OAJ,  
«O'zGEORANGMETLITI» DUK

#### Bosh muharrir:

Norov Yu.D.

#### Bosh muharrir o'rinbosarlari:

Salomov F.I., Shemetov P.A.

#### Tahririyat kengashi:

Abduraxmonov S.A., Bekmurzayev B.B., Bibik I.P.,  
Gulyamov B.V., Isokov M.U., Kosimov M.O., Muxid-  
dinov B.F., Popov Ye.L., Raimjanov B.R., Rahimov  
V.R., Sagdiyeva M.G., Sanakulov K.S., Sattarov  
G.S., Snitka N.P., Turesebekov A.X.,  
Farmanov A.K., Xalikulov E.X., Yakubov M.M.

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot  
Agentligida 2006 yil 13 dekabr kuni ro'yxatga  
olingan bulibqayd etish guvohnomasi № 0033.  
ISSN 2181-7383 per. № 01-22/37 S ot 09.07.2013 g.

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) 770-20-48, 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  
Z.Hakberdieva@cru.ngmk.uz  
E.Romanova@cru.ngmk.uz

#### Sayt: <http://www.ngmk.uz>, [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)

#### Kompyuter sahifasi:

Romanova E.Yu.

#### Tahliliy guruh:

Jiyanov A.B., Hodjaeva Sh.R., Norov J.A.,  
Sayfiyeva X. S., Zairova F.Yu.

#### Dizayn:

Ubaydullayev Y.B., Umarov I.A.

#### Jurnalning chop etilishi va elektron shaklini

#### yanqilab boruvchi mas'ul:

Davlatov B.R.

#### Chop qilindi:

NKMK bosmaxonasida  
210100, Navoiy shahri, Janubiy ko'chasi, 25  
Tel.: 8 (436) 5777556, 5778019

Nashr etishga 26.03.2014 y. imzolandi  
A3 formatda

Adadi 550 nusxa

O'zbekiston konchilik xabarnomasi 2014

## MUNDARIJA / СОДЕРЖАНИЕ

### GEOTEKNOLOGIYA VA BOYITISH / ГЕОТЕХНОЛОГИЯ И ОБОГАЩЕНИЕ

<b>Снитка Н.П., Норов Ю.Д., Заиров Ш.Ш.</b> Ликвидация кольматации фильтров и прифильтровых зон при восстановлении производительности технологических скважин импульсным методом .....	3
<b>Юсупходжаев А.А., Худояров М.Р., Муталибхонов С.С.</b> Строеные расплавленных шлаков и их взаимодействие с огнеупорной кладкой металлургических печей .....	6
<b>Лунин С.В., Шеметов П.А., Очиллов Ш.А., Саттаров У.Б.</b> Разработка и реализация технических решений, направленных на увеличение производительности комплекса ЦПТ .....	9
<b>Хамроев И.О., Руднев С.В., Саттаров Г.С., Назаров З.С., Эргашев У.А.</b> Оценка возможности селективной добычи и обогащения смешанных типов геотехнологических руд месторождения «Даугызтау» .....	13
<b>Юлдашев Т.Р., Каримов Ё.Л., Дусткабилов Э.Н., Хамраев Б.Ш.</b> Эффективность мероприятий по интенсификации добычи нефти на месторождении Северный Уртабулак .....	18
<b>Мислибаев И.Т., Заирова Ф.Ю., Жиянов А.Б.</b> Анализ исследований усталостного разрушения горных пород при многоциклических нагрузках .....	20
<b>Назаров З.С., Заиров Ш.Ш., Норов А.Ю.</b> Пути интенсификации технологических процессов подземного выщелачивания рудных залежей .....	22
<b>Назаров З.С., Файзиев А.Х.</b> Обоснование основ расчета облегченных штанговых креплений вертикальных выработок .....	27
<b>Тошов Ж.Б., Ширинов А.А., Рахмонов С.Ю., Шукуров М.К., Худайкулов С.А.</b> Распределение напряжения горных пород при бурении взрывных скважин .....	29
<b>Бабаев З.К., Матчанов Ш.К., Аваязов Р.Ш., Аташеев Э.А.</b> Возможности обогащения и использования кварц-полевошпатовых песков .....	32
<b>Курбанов А.А.</b> Перспективные направления использования базальтовых сырьевых ресурсов Узбекистана .....	35
<b>Образцов А.И.</b> Математика в геологии и горном деле .....	38
<b>Фозилов Э.М.</b> Влияние обводненности горных пород на их состояние в подземных горных выработках .....	41

### GEOLOGIYA / ГЕОЛОГИЯ

<b>Умаров Ф.Я., Шеметов П.А.</b> Проблемы и пути решения геолого-разведочных работ научно-производственными центрами республики .....	44
<b>Жанибеков Б.О., Сагдуллаев Ш.Х., Холикова М.А., Закиров О.Т.</b> Геодинамическая обстановка формирования золотого оруденения в горах Бельтау (Центральные Кызылкумы) .....	47
<b>Ишбобаев Т.Б., Исаходжаев Б.А., Мирусманов М.А.</b> К проблеме обеспечения достоверности геологической документации и опробования на площадях развития зоны окисления .....	50
<b>Тангиров А.И., Урунов Б.Н., Исаходжаев Б.А.</b> Особенности структуры и закономерности проявления золотого оруденения гор Букантау .....	53

### ГЕОМЕХАНИКА / ГЕОМЕХАНИКА

<b>Султанов К.С., Оруджов У.С., Горнов В.А., Ишанходжаев З.К., Вечкина Е.А., Абдураимов У.К.</b> Расчёт на устойчивость северного борта карьера Кальмакыр методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения .....	56
<b>Халикулов Э.Х., Султанов К.С., Исмаили Х.М., Логинов П.В.</b> Составляющие элементы системы мониторинга вибрации и колебаний КНК-270 .....	62

Научно-технический  
и производственный журнал  
издается с июля 1997 года

**Выходит один раз в три месяца**

**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»,  
ГУП «O'zGEORANGMETLITI»

**Главный редактор:**

Норов Ю.Д.

**Зам. главного редактора:**

Саломов Ф.И., Шеметов П.А.

**Редакционный совет:**

Абдурахмонов С.А., Бекмурзаев Б.Б., Бибик И.П.,  
Гулямов Б.В., Исоков М.У., Косимов М.О.,  
Мухиддинов Б.Ф., Попов Е.Л., Раимжанов Б.Р.,  
Рахимов В.Р., Сагдиева М.Г., Санакулов К.С.,  
Саттаров Г.С., Снитка Н.П., Туресебеков А.Х.,  
Фарманов А.К., Халикулов Э.Х., Якубов М.М.

Журнал зарегистрирован в узбекском  
Агентстве по печати и информации

Регистрационное свидетельство за № 0033  
от 13 декабря 2006 г.  
ISSN 2181-7383 рег. № 01-22/37 S от 09.07.2013 г.

При перепечатке материалов ссылка  
на журнал обязательна

За точность фактов и достоверность  
информации ответственность несут авторы

**Адрес редакции:**

210100, г. Навои, 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)

[Z.Hakberdieva@cru.ngmk.uz](mailto:Z.Hakberdieva@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:**

Жиянов А.Б., Заирова Ф.Ю., Норов Ж.А.,  
Сайфиева Х.С., Ходжиева Ш.Р.

**Дизайн:**

Убайдуллаев Ю.Б., Умаров И.А.

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

Давлатов Б.Р.

**Отпечатано:**

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

Подписано в печать 26.03.2014 г.  
Формат А3

Тираж 550 экз.

© Горный вестник Узбекистана 2014

**GEOTEKNIKA / GEOTEKNIKA**

- Саидов Т.М., Бахронов Х.Ш., Умаров Д.Н.** Результаты промышлен-  
ных испытаний выпарной установки для обезвоживания солей  
роданистого аммония и тиомочевины ..... 67
- Сапаров А.Б., Джалгасбаев Я.К., Шарафутдинов У.З.** Совер-  
шенствование технологии сооружения геотехнологических скважин  
..... 69

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

- Ахмеджанов Ф.Р., Салахитдинов Ф.** Акустические и оптические  
свойства кристаллов молибдата кальция с примесью неодима ..... 72
- Юсупходжаев А.А., Худояров С.Р., Мирзаянова С.Б.** Изме-  
нение физических свойств шихтовых материалов при нагревании и их  
связь с началом химического взаимодействия в твердых фа-  
зах ..... 74
- Геворгян А.М., Яхшиева З.З., Муминова Н.И., Яхшиева Х.Ш.**  
Амперометрическое титрование металлов в водных, смешанных и  
неводных средах ..... 78
- Муродов Н.М., Муродов Ш.М., Муртазоев А.Н.** Изучение взаимо-  
действия рабочего органа с почвой методом фотомеханики ..... 81
- Муродов Н.М., Муродов Ш.М., Муртазоев А.Н.** Исследования  
энергетических показателей корпусов двухъярусного плуга ..... 84
- Хамраев К.Ш., Махсумов А.Г., Мухиддинов Б.Ф., Шомуродова  
Ш.Х., Вапоев Х.М., Умрзаков А.Т.** Цитизиновые метакрилаты,  
содержащие тройные связи ..... 87
- Шаходжаев Л.Ш.** Методика определения коэффициента сопротив-  
ления движению ленты по заводским характеристикам конвейе-  
ров ..... 90
- Каримов З.Т.** Синтез и ИК-спектроскопические исследования коор-  
динационных соединений меди(II) и никеля(II) с органическими  
лигандами ..... 93
- Мардонов Б.Т., Исаев Д.Т., Мухтаров Ж.Б., Ражабов Ш.А.** Осо-  
бенности кинематики и динамики ротационного резания ..... 95
- Аликулов Ш.Ш., Каримов И.А., Худайбердиев О.М., Атавуллаев  
А.К.** Разработка лабораторной установки для определения коэф-  
фициента фильтрации ..... 98
- Ахметов А.А.** К обоснованию параметров ножей ротора почвооб-  
рабатывающей машины с эквидистантной траекторией движе-  
ния ..... 101
- Ахметов А.А., Иноятлов И.А.** Оптимизация параметров зубчато-  
планчатого катка ..... 102
- Жумаев А.А., Якубова С.С.** Предварительная приработка зуборез-  
ного инструмента ..... 104

**IQTISOD VA QONUNCHILIK /  
ЭКОНОМИКА И ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО**

- Нарзуллаев У.О.** Ўзбекистон худудларининг ижтимоий-иқтисодий  
ва тарихий ривожланиш таҳлили (Навоий вилояти мисолида) ..... 106

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

- Аренс В.Ж.** Чему и как учить современных горных инженеров ..... 111

**TARIX / ИСТОРИЯ**

- Мадатов Б.А.** Қазилма кон бойликларига бой «Лангар  
шахри» ..... 113

**YUBILEYLAR / ЮБИЛЕИ**

- Ракишев Баян Ракишевич (к 80-летию со дня рождения) ..... 114

**REKLAMA / РЕКЛАМА**

- На 2 стр. обложки: «Normet international LTD»  
На 3 стр. обложки: НПО «НМЗ»  
На 4 стр. обложки: «Atlas Copco»

# ЛИКВИДАЦИЯ КОЛЬМАТАЦИИ ФИЛЬТРОВ И ПРИФИЛЬТРОВЫХ ЗОН ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ

Снитка Н.П., главный инженер НГМК; Норов Ю.Д., начальник горного бюро ЦНИЛ НГМК, докт. техн. наук, профессор; Заиров Ш.Ш., ст. научный сотрудник-соискатель НГГИ, канд. техн. наук

*Sanoatlashtirilgan portlovchi moddalarni portlatish orqali hosil qilingan elektr portlatish, pnevmoportlatish va gazli detonatsiyalardan tashkil topgan impul'sli usullar yordamida texnologik skvajinalarning mehnat unumdorligini tiklash bo'yicha ishlar tadqiq qilingan. Fil'tr va fil'tr zonasiga ta'sir etadigan impul's zo'riqish mexanizmi ularni tashkil etuvchi manbaiga bog'liq emasligi aniqlangan.*

*Tayanch iboralar: geotexnologiya, skvajina, kolmatatsiya, fil'tr, fil'trli zona, impul's usuli, portlatish, mehnat unumdorligini tiklash, gazli detonatsiya, fil'trni tozalash.*

*Pulse methods of restoration of process well productivity by using the explosive energy of industrial explosives, electric and pneumatic explosives, and gaseous detonation are investigated in this article. It is found that mechanism of impact on filter and filtering zone of impulse loads practically does not depend on source of their generation.*

*Key words: geotechnology, well, mudding, filter, near-filter zone, pulse method, explosion, productivity restoration, gaseous detonation, filter cleaning.*

Для восстановления производительности технологических скважин путём разрушения и диспергирования кольматирующих отложений, препятствующих притоку раствора в скважины, широко используются импульсивные методы обработки фильтров и прифильтровых зон, основанные на использовании энергии взрывов с применением промышленных взрывчатых веществ (ВВ).

При взрыве в скважине небольшого заряда ударная волна распространяется со скоростью, близкой к скорости звука, вызывая при этом перемещение жидкости в направлении своего движения. Давление на фронте волны быстро падает по мере удаления от места взрыва [1].

Встречаясь с фильтром, ударная волна частично отражается, а частично уходит в зафильтровое пространство. Давление на фронте волны на границе с

фильтром при взрыве торпеды из детонирующего шнура в скважине достигает десятков мегапаскалей (МПа) при времени действия – тысячные доли секунды. Благодаря кратковременности действия, давление не разрушает преграды из материалов с высокими пластичными свойствами (стальные трубы и каркасы фильтров, фильтрующие покрытия из латунной и стальной сетки и т.п.). Но резкий, сильный удар, наносимый ударной волной  $p_1$  (рис. 1 и 2, а), разрушает хрупкие, имеющие относительно малую прочность осадки.

Вторая фаза действия взрыва заключается в «расшатывании» разрушенного осадка при пульсации

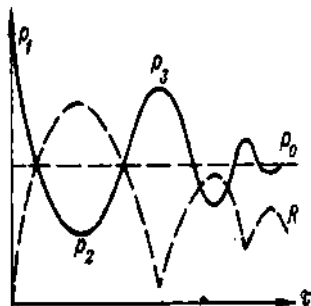


Рис. 1. Пульсация газового пузыря при взрыве заряда ВВ:  $p$  – давление в газовом пузыре;  $R$  – радиус газового пузыря;  $\tau$  – время

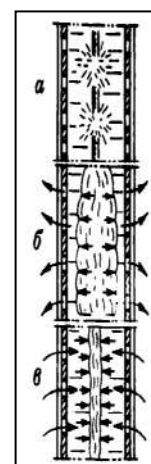


Рис. 2. Схема действия взрыва при очистке фильтра: а – тротильный шнур в момент взрыва; б – расширение газового пузыря; в – сжатие газового пузыря

образовавшихся продуктов взрыва (рис. 1 и 2, б, в). Высокое в момент взрыва давление  $p_1$  при расширении газового пузыря резко падает сначала до гидростатического  $p_0$ , а затем по инерции до  $p_2$ , меньшего  $p_0$ . При этом на участке  $p_1 - p_2$  расширяющиеся газы отжимают жидкость из скважины в пласт. Затем на газовый пузырь начинает действовать гидростатическое давление, сжимая его сначала до  $p_0$ , а затем по инерции до  $p_3$ , большего, чем  $p_0$ . На участке  $p_2 - p_3$  сжимающая газовый пузырь жидкость будет стремиться из пласта в скважину (рис. 2, в). Пульсация с затухающими амплитудами повторяется несколько раз, способствуя удалению осадка из отверстий фильтра.

Рассмотрим механизм действия ударной волны на зафильтрованное пространство, представленное водонасыщенным песком. Известно явление разжижения при взрыве водонасыщенных песков, которое объясняется потерей контактов между частицами скелета породы при прохождении ударной волны. Следствием нарушения контактов между частицами может быть переукладка зерен скелета породы и изменение ее структуры.

Установлено, что изменению структуры водонасыщенных песков при взрыве, в первую очередь, способствует наличие в порах пласта заземленного воздуха. Для реальных водоносных горизонтов, расположенных на глубинах около 100 м и с 0,01-0,02% заземленного воздуха, предельное уменьшение коэффициента проницаемости за счет уплотнения водонасыщенной породы при действии ударных нагрузок составит 1,7–19%.

Объектом этих исследований были чистые пески, поровое пространство которых заполнено водой. Случаи реальных скважин, когда пласт включает дополнительные частицы, не входящие в скелет породы (глина, частицы бурового шлама и др.), являются более сложными. С учетом приведенных выше соображений можно было ожидать успешного применения взрыва промышленных ВВ при разглинизации только для разрушения глинистых корок на внутренних поверхностях зон фильтрации в скважинах.

Однако многочисленные примеры из практики и результаты исследований показали, что в процессе бурения скважин, как и при их эксплуатации, зона кольматации не ограничивается конструкционным элементом фильтра, а захватывает в той или иной степени прилегающий к фильтру участок пласта. Закольматированный участок в эксплуатационных скважинах может иметь глубину 1 м и более.

Существенным является вопрос о характере взаимодействия ударной волны с породой пласта в реальных условиях, а также о радиусе эффективного действия взрыва. Поскольку в скважинах, сооружаемых, как правило, в рыхлых водовмещающих породах, параметры взрыва ограничены прочностью фильтра, в них целесообразно применение зарядов из детонирующего шнура, при использовании которых сохранность фильтра не нарушается.

Для разглинизации водоносных пластов, представленных крупнозернистыми песками, допускающими весьма значительные зоны проникания глинистого раствора в пласт, по-видимому, требуются иные импульсные источники воздействия, имеющие меньшее затухание параметров и большую протяженность зоны эффективного воздействия.

Из применяемых в практике импульсных энергоносителей для восстановления производительности технологических скважин наибольшая энергия выделяется при взрыве зарядов из промышленных ВВ, однако в этом случае давление на фронте ударной волны значительно увеличивается, что ограничивает применение этого способа регенерации технологических скважин.

Весьма эффективной оказалась обработка технологических фильтров воздействием электрических зарядов и пневмовзрывов, последовательно производимых по всей длине фильтра. Указанными энергоносителями можно восстанавливать приток технологического раствора в скважины многократным импульсивным воздействием, что позволяет использовать их в широком диапазоне гидрогеологических условий, а также в скважинах, оборудованных различными типами фильтров.

Электровзрывной или электрогидравлический способ обработки фильтров основан на импульсном выделении электрической энергии в виде искрового заряда. Для реализации этого способа обычно используются генераторы импульсов тока с накопителем электрической энергии в виде конденсаторной батареи.

При создании электрического заряда внутри фильтровой трубы ударная волна, распространяясь в радиальном направлении, производит разрушение и диспергирование осадков, кольматирующих внутреннюю и наружную поверхность фильтра и прифильтровую область, а последующее интенсивное движение технологического раствора при расширении и захлопывании парагазового пузыря вызывает отделение разрушенных осадков от поверхности фильтров и вынос их в затрубное пространство и в ствол скважины [2].

Также электрический заряд в водном растворе сопровождается кавитацией, ультра- и инфразвуковыми колебаниями, которые способствуют дополнительной очистке.

Электровзрывной способ очистки фильтров скважины имеет существенные преимущества по сравнению со способом восстановления проницаемости фильтров взрывом ВВ (ГДШ) в возможности многократного воспроизведения электрических зарядов и регулирования гидродинамических параметров путём изменения ёмкости и напряжения конденсаторов.

Главным недостатком способа является то, что энергетические возможности по сравнению с взрывом твёрдых промышленных ВВ значительно ниже, т.к. они ограничены допустимым напряжением зарядки и

ёмкостью конденсаторных батарей установок. Также существенным недостатком электровзрывных устройств для обработки технологических фильтров является интенсивный износ электродов рабочих разрядников и разрушения изоляции, что требует частой их замены.

Известен способ [3] очистки технологических фильтров и прифильтровой зоны пневмовзрывом, при котором выхлоп сжатого воздуха в окружающей жидкости возбуждает фронт ударной волны, действующей на фильтр и фильтровую зону. Энергия сжатого воздуха при его мгновенном расширении преобразуется в механическую работу. Восстановление проницаемости фильтров в прифильтровых зонах происходит за счёт разрушающего действия пневмовзрыва. В результате пневмоимпульсного воздействия, находившиеся на фильтровой поверхности и прифильтровой зоне глинистые осадки или химический коагулянт разрушаются и выносятся гидротоком в скважину, откуда в последующем удаляются при откачках.

К достоинствам пневмовзрывного способа восстановления производительности технологических скважин можно отнести возможность регулирования его гидродинамических параметров и цикличности воздействия в широких пределах, доступность и безопасность рабочего реагента – воздуха.

Главным недостатком пневмовзрывного способа является пневматическая камера, определяющая интенсивность воздействия импульсных нагрузок на технологический фильтр и прифильтровую зону пласта, технологическими параметрами которого является скорость нарастания фронта ударной волны, зависящая от многих факторов: давления сжатого воздуха, качества обработки внутренних поверхностей пневмокамеры, площади выхлопных отверстий и т.д., которые в конечном итоге определяют быстрдействие пневматической камеры [4].

Обработку фильтров и прифильтровой зоны технологических скважин производят способом газовой детонации, отличающимся простотой, доступностью, низкой стоимостью, но требующим больших затрат труда и времени по сравнению с другими способами их обработки.

Способ основан на использовании энергии, выделяемой при взрывном горении окислительных и горючих газов, которая преобразуется в энергию ударной волны и гидротока, действующих на технологический фильтр. По сравнению с взрывом твёрдых промышленных ВВ энергетические способности этого способа значительно меньше, но он имеет существенные преимущества, а именно, достаточно просто реализуется при использовании доступных и широко применяемых в технике газов, имеет малую стоимость, безопасен в работе.

Химическое превращение газовых смесей происходит по двум основным режимам: нормального горения и газовой детонации. В первом случае распространение пламени от слоя к слою происходит за счёт тепло-

проводности и диффузии, скорость перемещения фронта пламени сравнительно невелика и составляет несколько метров в секунду для смесей горючего газа с воздухом. Горение газовой смеси обычно происходит в камерах с постоянным замкнутым объёмом, поэтому по мере сгорания смеси давление в них повышается и достигает максимального значения, превышающего начальное давление в 8-12 раз [5].

Вторым видом реакции горения является режим взрывного химического превращения, называемый газовой детонацией. При детонации пламя распространяется от слоя к слою со скоростью, превышающей скорость звука и достигающей для некоторых смесей 3000 м/с. Для появления детонации необходимо возникновение ударной волны, которая сжимает смесь до очень высоких давлений. Это приводит к локальному нагреву смеси до нескольких тысяч градусов и самовоспламенению с выделением значительного количества энергии. Совокупность ударной волны сжатого слоя ещё не реагирующей смеси и зоны реакции горения представляет собой детонационную волну, скорость распространения которой превышает скорость звука. Давление в детонационной волне до её отражения от торца взрывной камеры может превышать начальное в 30 раз, а в отражённой волне в 50-100 раз [5].

Ударная волна в газовой смеси может инициироваться достаточно сильным электрическим зарядом, взрывом заряда конденсированного ВВ и т.п. Воспламенение газовых смесей открытым пламенем, раскалённой проволокой, электрической искрой и другими слабыми источниками неспособно вызвать детонацию и приводит лишь к горению смеси. Нормальное горение газовой смеси может перейти в детонацию в узких трубках с шероховатой внутренней поверхностью в результате непрерывного увеличения скорости распространения пламени из-за турбулизации смеси перед фронтом реакции.

По характеру выделения энергии детонационный взрыв газовых смесей близок к пневмовзрыву. Большая часть энергии расходуется на расширение продуктов взрыва и образование гидротока, меньшая – на образование ударной волны. Благодаря этому, при очистке фильтров скважин обеспечивается более «мягкое» воздействие на фильтр, что уменьшает опасность его разрушения или повреждения [1].

Для взрывчатых газовых смесей в качестве горючих газов могут быть использованы пропан, метан, водород, ацетилен, в качестве окислителя – кислород или воздух. Наиболее доступными газами являются воздух и ацетилен, который широко применяется при сварочных работах и может быть легко получен из карбида кальция. Поэтому при очистке фильтров целесообразно использовать ацетилено-воздушную смесь [6].

В результате исследований установлено, что степень очистки технологического фильтра определяется концентрацией ацетилена в газовой смеси: с увеличе-

нием от 20 до 100% при постоянном начальном давлении ацетилено-воздушной смеси, равной 0,4 МПа, разрушение осадка достигает максимального значения. Это связано с тем, что теплопроводная способность газовой смеси и давление, возникающее при её взрыве, оказываются тем больше, чем больше содержится в ней ацетилена. Однако для инициирования взрыва газовой смеси с более 70% требуется мощный электрический заряд с энергией более 100 J, полученный от высоковольтного генератора импульсов тока. Применение последнего значительно усложняет проведение работ по очистке технологических фильтров скважин в полевых условиях.

Поэтому целесообразно использовать газовые смеси с большим содержанием воздуха. При взрыве газовой смеси наибольшая степень очистки технологического фильтра имеет место непосредственно у торца взрывной камеры; по мере удаления от неё эффективность очистки снижается. Отсюда следует, что эффективная очистка фильтров водозаборных скважин может быть достигнута при последовательном воспроизведении нескольких взрывов газовой смеси по длине фильтровых труб с интервалом 0,8-1,0 м.

Испытания показали, что устойчивый взрыв газовой смеси происходит при давлении от 0,1 до 0,5 МПа, что соответствует глубине 10–15 м погружения аппарата под уровень воды в скважине [6].

Таким образом, эффективность восстановления производительности технологических скважин, снизивших свой дебит вследствие кольматации технологических фильтров возрастает с уменьшением длительности их эксплуатации и оказывается весьма незначительным для скважин, находящихся в эксплуатации более 5–6 лет, а рациональный межремонтный период работы технологических скважин составляет 6–8 месяцев.

Главным недостатком способа очистки технологических фильтров взрывами газовой смеси является необходимость перезарядки аппарата после каждого взрыва. В то же время этот способ отличается простотой, доступностью, дешевизной, благодаря чему его можно использовать в производственных организациях, в которых по тем или иным причинам отсутствуют более эффективные установки для восстановления производительности технологических скважин.

Таким образом, установлено, что импульсные методы восстановления производительности технологических скважин основаны на использовании энергии взрыва промышленных ВВ, электровзрывов, пневмовзрывов и газовой детонации.

Необходимо отметить, что механизм воздействия на фильтр и фильтровую зону импульсных нагрузок практически не зависит от источника их создания.

#### Список литературы:

1. Павлик С.А. Взрывные работы в водозаборных скважинах. – М., Недра, 1970. – 120 с.
2. Романенко В.А. Электрофизические способы восстановления производительности водозаборных скважин. – Л.: Недра, 1980. – 79 с.
3. Склянский В.Г. Временная инструкция по применению пневмовзрыва для увеличения производительности скважин на воду. – Баку, АзНИИ водных проблем, 1975.
4. Рекомендации по импульсным методам восстановления производительности скважин на воду. – М.: ВНИИВОДГЕО, 1979. – 114 с.
5. Абрамов С.К., Алексеев В.С. Забор воды из подземного источника. – М.: Колос, 1980. – 239 с.
6. Романенко В.А., Соловьёва Н.С. Исследование гидроакустического способа разглинизации фильтров водозаборных скважин взрывом ацетилено-воздушной смеси // Известия вузов. Строительство и архитектура, 1979. – №13. – с. 101-104.

УДК 669.046.58/0495

© Юсупходжаев А.А., Худояров М.Р., Муталибонов С.С. 2014 г.

## СТРОЕНИЕ РАСПЛАВЛЕННЫХ ШЛАКОВ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ОГНЕУПОРНОЙ КЛАДКОЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

Юсупходжаев А.А., профессор кафедры «Металлургия» ТашГТУ, докт. техн. наук; Худояров М.Р., зав. кафедрой «Металлургия» ТашГТУ, канд. техн. наук; Муталибонов С.С., магистрант ТашГТУ

*Maqolada erigan shlaklar tuzilishi, ularni eritish pechlarning o'tga bardosh materiallari bilan o'zaro ta'sirlashuvi tabiati, hamda eritish pechlardagi agressiv muhitida o'tga bardosh materiallarning mustahkamligi va pechlarning kapital ta'mirlash orasidagi vaqtni uzaytirish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan.*

*Tayanch iboralar: o'tga chidamli materiallar, futerovka, shlak, shixta materiallari, kimyoviy faollik, ion nazariya, durlanish harorati.*

*The nature of molten slag, its interaction with refractory masonry of smelters, refractory life in aggressive medium, and expansibility of furnace run between overhauls are considered in this article.*

*Key words: refractory materials, lining, slag, melting stock, chemical activity, ionic theory, crystallization temperature.*

Одной из проблем современной металлургии является повышение стойкости огнеупоров, увеличение межремонтного цикла печи и повышение на этой основе эффективности металлургического передела. Стойкость огнеупоров зависит от многих факторов, основными из которых являются следующие:

- абразивный износ огнеупоров тонкоизмельченной шихтой, обладающей большой кинетической энергией, особенно в печах автогенных процессов;
- высокие температуры в зоне горения топлива и электрических дуг;
- действие на огнеупоры агрессивных шлакоштейновых расплавов и технологических газов;
- механическое повреждение огнеупоров при перемещении материальных потоков.

Действие каждого из этих факторов многогранно и требует отдельного исследования. В настоящей статье мы попытались изучить взаимодействие металлургических расплавов с огнеупорной кладкой металлургических печей.

При получении металлов пирометаллургическим способом одним из продуктов являются шлаки. Учитывая, что в переработку поступают, как правило, бедные шихтовые материалы, количество таких шлаков в несколько раз превышает количество тех материалов, в которых концентрируются ценные составляющие. Поэтому естественно, что свойства шлака определяют все основные технологические параметры процесса. Создание единой обоснованной теории строения шлаковых расплавов, позволяющей не только объяснять установленные практикой закономерности, но и прогнозировать протекание процесса в зависимости от состава шлаковой фазы, является одной из важнейших задач современного этапа развития металлургии [1].

Ранние попытки создать теорию строения шлака опирались на термодинамические данные о прочности отдельных соединений в шлаке и на данные практики различных металлургических процессов. Так, например, практика убеждала в том, что при одинаковом содержании оксидов железа (главным образом FeO) в шлаках с переменным содержанием других компонентов (CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO) окислительная способность далеко не постоянна, т.е. активность закиси железа (или других оксидов) не определяется однозначно концентрацией этих оксидов, а является функцией концентраций других компонентов шлака, т.е. функцией его состава вообще. Наиболее естественным имелось предположение, что химическая активность FeO, CaO или какого-либо другого оксида определяется тем, что находится ли этот оксид в свободном состоянии или в виде тех или иных химических соединений.

Наиболее полно эту точку зрения развил Г. Шенк [2], по мнению которого шлаки представляют собой

расплав как свободных, химически несвязанных оксидов, так и их химических соединений. Так, например, суммарная концентрация оксида кальция в основном шлаке  $\Sigma$  (CaO), определяемой аналитическим путем, складывается из следующих составляющих:

$\Sigma$  (CaO) = (CaO)<sub>SiO<sub>2</sub></sub> + (CaO)<sub>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></sub> + (CaO)Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + (CaO)<sub>своб.</sub>,  
где (CaO)<sub>SiO<sub>2</sub></sub> – концентрация оксида кальция, связанная в виде силикатов;

(CaO)<sub>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></sub> – концентрация оксида кальция, связанная в виде фосфорнокислых соединений;

(CaO)Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – концентрация оксида кальция, связанная с оксидами железа в виде ферритов;

(CaO)<sub>своб.</sub> – концентрация свободного, химически не связанного оксида кальция.

Совершенно аналогичные балансовые уравнения могут быть составлены и для любого другого компонента шлака. Активность оксида кальция (т.е. основность шлака) или активность оксидов железа (т.е. окислительная способность шлака) характеризуется концентрациями свободных оксидов, а не общими их концентрациями.

Такое представление о шлаках действительно отражает её состояние в твердом состоянии и очень удобно для проведения металлургических расчетов. Но оно не может объяснить ряда явлений, характерных для жидких шлаков. Так, например, с позиции молекулярного строения шлаков нельзя объяснить электропроводность шлаков, соблюдение в них закона Фарадея, возможности получения металлов из шлаков электролизом расплавленных солей и т.д. По этим причинам данная теория практически не используется.

В настоящее время всеобщее признание получила ионная теория строения шлаковых расплавов. Согласно этой теории все компоненты, составляющие шлак, находятся в расплаве в состоянии ионной диссоциации. Реальные металлургические шлаки представляют собой систему, состоящую из разнообразных катионов (кремния, железа, кальция, алюминия, магния, цинка, титана, хрома, олова, свинца, бария и т. д), связанных в основном с крупными анионами кислорода. Очевидно, свойства катионов, участвующих в образовании связи с кислородом, будут определять преимущественный тип связи вещества шлака или наиболее важные для металлургов физико-химические свойства. Именно эти свойства шлаков будут решающими во взаимодействии металлургических расплавов с огнеупорной кладкой печи. При высокотемпературном нагреве все компоненты шихты переходят в жидкое состояние. Образующаяся жидкость взаимодействует с огнеупорной кладкой металлургической плавильной печи.

Механизм взаимодействия твердых и жидких фаз в печи носит сложный характер. Большое количество пор и каналов создает возможность для капиллярного втяги-

вания жидкости. Однако значительная вязкость образовавшегося расплава и небольшой средний диаметр пор (10 мкм) препятствуют такому проникновению (какая, видимо, и не исключает его полностью). Петрографический анализ аншлифов образцов подтвердил, что случаи капиллярного втягивания достаточно редки. Нами было установлено, что процессом, определяющим взаимодействие твердых и жидких фаз, являются растворение материала кладки в расплаве. В ходе процесса имеет место, таким образом, переменный состав расплава и, следовательно, переменная температура её кристаллизации [3].

Металлургическая шихта - многокомпонентная система, состоящая, в основном, из оксидов железа, кремния, кальция, алюминия и др. Представляет интерес механизм взаимодействия расплава с образцами примерно равной пористости (25-30%), приготовленными из этих компонентов в отдельности. В качестве твердых пористых материалов были выбраны образцы различного химического состава. Были использованы динасовый, магнезитовый, шамотный кирпичи, а также брикеты из магнезитового концентрата, подвергнутого многократной магнитной перемешке с целью удаления примесей. Изучены кинетические закономерности. Глубину проникновения синтетического расплава определяли петрографическим методом путем изучения аншлифов продольных разрезов образцов. Результаты экспериментов представлены на рис. 1. Состав расплава, %: FeO-20; CaO-30; SiO<sub>2</sub>-30; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-10; MnO-10.

Кривая 1 (рис. 1) изображает зависимость глубины проникновения  $h$  от времени для динаса, основным химическим составляющим которого является SiO<sub>2</sub> (94-96%).

Из всех исследованных нами материалов динас имеет наибольшую глубину проникновения. Макро и микроскопическими исследованиями было установлено, что проникновение осуществляется как химическим взаимодействием по всей поверхности раздела расплава с SiO<sub>2</sub> (растворением последнего в расплаве), так и капиллярным проникновением расплава по порам материала. При растворении образца процентное содержание SiO<sub>2</sub> в расплаве непрерывно растет. Известно, что добавки SiO<sub>2</sub> (в определенных пределах) увеличивают жидкоподвижность расплава. Этим, по-видимому, и можно объяснить столь высокую глубину проникновения.

Полученная зависимость для динаса описывается аналитическим выражением:

$$h^{2,2} = 8,7 t,$$

где  $h$  - глубина проникновения, мм;

$t$  - время, мин.

Получить какую-либо аналитическую зависимость при опытах с магнезитом (MgO 94-96%) нам не удалось. Было установлено, что проникновение в этом материале осуществляется преимущественно капиллярными силами.

В работе [4] для проникновения расплава в пористый образец из MgO была получена зависимость вида:

$$L^2 = Kt,$$

где  $L$  - глубина проникновения;

$t$  - время.

Глубина пропитки определялась путем измерения электросопротивления образца в процессе пропитки в нее расплава. Следует отметить, что измерения проводились в цепи постоянного тока. При этом возможна поляризация у электродов, что оказывает существенное влияние на величину  $L$ . Авторы не указывают на меры по предотвращению этого нежелательного явления. Механизм взаимодействия расплава с шамотным образцом (химический состав; %: SiO<sub>2</sub> 55,98; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiO<sub>2</sub> 39,64; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2,27) отличен от механизма взаимодействия с магнезитом. Исследованиями установлено, что в этом случае проникновение осуществляется, в основном, химическим взаимодействием-растворением образца в расплаве. Заметного проникновения расплава по порам материала не наблюдается.

Результаты эксперимента представлены на рис. 1 (кривая 3). Видно, что в начальный период (3-4 мин.) наблюдается резкое увеличение глубины проникновения - зависимость практически прямолинейная. При дальнейшей выдержке зависимость переходит в горизонтальный участок. Это вызвано тем, что в процессе растворения расплав обогащается такими компонентами, как SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В начальный период повышение концентрации этих компонентов приводит к понижению температуры кристаллизации расплава. Влияние этих веществ различно в отдельных стадиях эксперимента. В начальный период действие этих факторов незначительно (кривая для шамота лежит ниже кривой для динаса).

В ходе эксперимента повышается концентрация этих веществ в расплаве и температура кристаллизации последней растет. В определенный период температура кристаллизации расплава становится выше температуры опыта и система затвердевает (горизонтальный участок на кривой).

Особый интерес представляют опыты, проведенные с оксидами железа (рис. 1, кривая 4). Механизм взаимодействия аналогичен процессам, протекающим в системах с шамотом. В ходе эксперимента расплав насыщается оксидами железа, при этом увеличивается вязкость и растет температура его кристаллизации. Аналитическое выражение этой зависимости:

$$h^{3,1} = 4,17 t.$$

В работе [5] для проникновения расплава в образцы из оксидов железа была получена параболическая зависимость вида:

$$L^2 = Kt.$$

При этом опыты проводились путем покрывания частиц оксида магния пудрой из Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Авторы работы упускают существенный момент растворения оксидов железа в расплаве. Учет этого обстоятельства приводит к проникновению расплава в образец из MgO с той лишь разницей, что растворение Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> снижает глубину проникновения расплава в образец. Таким образом, в результате макро- и микроскопических исследований

механизма взаимодействия расплава с различными веществами, составляющими в совокупности вещество металлургической шихты, можно сделать вывод о том, что практически все вещества (кроме MgO), которые содержатся в шихте в малых количествах, растворяются в расплаве и механизм взаимодействия, в основном, состоит из растворения твердых веществ в жидкости с получением расплава переменного состава. Учитывая практическую значимость определения температур плавления и кристаллизации расплавов переменного состава, нами были определены температуры плавления смесей:  $Fe_2O_3 - CaO$  (различного состава) и магнетит-известняка при их различном соотношении и проведено сравнение с данными по диаграммам состояния для системы  $CaO \cdot F_2O_3 - F_2O_3$ . Была уточнена линия ликвидуса в районе составов 65-100%  $F_2O_3$  в температурном интервале 1250-1550 °С.

Перед определением температуры плавления механическую смесь веществ предварительно проплавливали в молибденовом тигле, в токе аргона, при температурах 1250-1300 °С. Температуру плавления определяли на микропечи. При построении кривой каждая точка на диаграмме является средней из 6-7 измерений. Разброс точек не превышает 10-15 °С.

Из полученной зависимости видно, что с увеличением процентного содержания  $Fe_2O_3$  (в области 65-100%) температура плавления смесей повышается. Такие же выводы были получены и при построении линии ликвидуса системы магнетит-известняк. Каждому соотношению компонентов обеднительной шихты соответствует строго определенная температура плавления (точка на

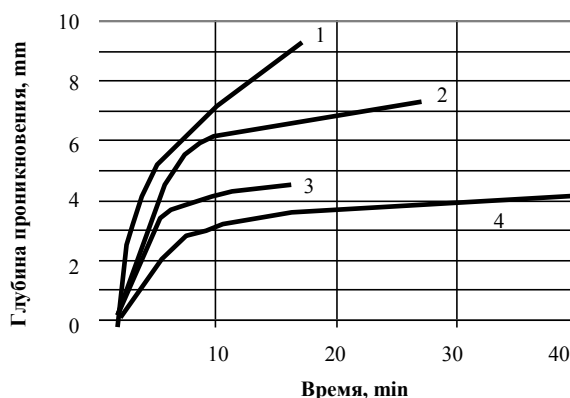


Рис. 1. Глубина проникновения расплава в пористые материалы: 1 - динас; 2 - магнезит; 3 - шамот; 4 - железный концентрат

линии ликвидуса), т.е. по температуре плавления шихты можно найти процентное содержание железистого компонента в конечном застывшем расплаве.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что шлаки металлургических процессов состоят из простейших катионов и сложных анионных комплексов, которые активно взаимодействуют с огнеупорной кладкой печи, растворяют их и сокращают время межремонтного цикла.

Управление этим процессом путем регулирования температуры, состава шлаков и видом применяемых огнеупоров позволит на 15-20% увеличить межремонтный цикл и повысить эффективность всего металлургического передела.

#### Список литературы:

1. Ванюков А.В., Зайцев В.Я. Шлаки и штейны цветной металлургии. М. «Металлургия» 1978 – 408 с.
2. Шенк Г. Физическая химия металлургических процессов. ч. 2. М. Металлургия. 1936. – 342 с.
3. Юсупходжаев А.А., Леонтьева В. Теория взаимодействия металлургических расплавов с огнеупорными материалами. Тезисы научно-практической конференции ТашГТУ «Фан ва техника тараққиётида ёшлар». Ташкент. 2001. с.81.
4. Шерстобитов М.А., Попель С.Ш., Соколов А.И. Известия ВУЗов. Черная металлургия. 1966. № 8. с.57-60.
5. Шерстобитов М.А., Попель С.И., Братчиков С.Г. Известия ВУЗов. Черная металлургия. 1966. № 4. с.52-54.

УДК 622.271.4

© Лунин С.В., Шеметов П.А., Очилов Ш.А., Саттаров У.Б. 2014 г.

## РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПЛЕКСА ЦПТ

Лунин С.В., начальник карьера Мурунтау Центрального рудоуправления НГМК; Шеметов П.А., докт. техн. наук; Очилов Ш.А., ассистент ТашГТУ; Саттаров У.Б., магистр ТашГТУ

*Navoiy kon-metallurgiya kombinati Muruntau kar'erida davriy-uzluksiz texnologiyasining samaradorligini oshirish bo'yicha texnik echim ishlab chiqilgan. Davriy-uzluksiz texnologiyaning kombinatsiyalashgan transport texnologiyasini qo'llagan holda va kon massasini tashish masofasini kamaytirish orqali, hamda innovatsiyalashgan davriy-uzluksiz va tikkiya konveyer orqali ko'tarish texnologiyalarini birgalikda ishlatish orqali amalga oshirilgan.*

*Tayanch iboralar: chuqur kar'er, kon massasi, texnologik transport, davriy-uzluksiz texnologiya, tik-qiya konveyer, texnik echim, xarajatlarni kamaytirish.*

*Technical solutions developed for performance improvement of cyclical-and-continuous method in Muruntau open pit of Navoi Mining & Metallurgical Combinat are presented in this article. This is achieved due to reduction of rock mass haulage distance and use of combined means of transportation especially innovative cyclical-and-continuous method with high-angle conveyor hoisting.*

*Key words: deep open pits, rock mass, utility vehicle, cyclical-and-continuous method, high-angle conveyor, technical solutions, cost reduction*

Крупный, глубокий карьер Мурунтау Навоийского ГМК характеризуются непрерывным ростом производственных мощностей, которые достигаются, в основном, благодаря повышению интенсивности производства, что приводит к высоким темпам понижения горных работ. Так, темпы понижения горных работ на локальных участках карьера Мурунтау составляют 60 – 90 м в год. В настоящее время максимальная глубина карьера Мурунтау составляет более 600 м, а перспективная оценивается в 950 – 1000 м, что еще более обостряет экономические проблемы транспортировки из-за больших расстояний перевозки горной массы.

В этой связи при отработке карьера Мурунтау было предусмотрено повышение эффективности работы действующих транспортных систем. Значительное сокращение расстояния перемещения горной массы автосамосвалами достигнуто благодаря использованию комбинированного автомобильно-конвейерного вида транспорта, в частности, путем ввода в карьер Мурунтау комплекса циклично-поточной технологии (ЦПТ) традиционной конструкции (15<sup>0</sup>). Инновационное развитие ресурсосберегающей ЦПТ и её влияние в глубоком карьере Мурунтау на снижение затрат представлено ниже:

1. На южном борту карьера в 1984 г. введен в эксплуатацию комплекс ЦПТ в составе трех дробильно-перегрузочных пунктов (ДПП), одного грохота, двух отвалообразователей ОШС-4000/125 и двух конвейерных линий традиционной конструкции с шириной ленты 2000 мм, производительностью 7000 t/h. Применение ЦПТ традиционной конструкции в карьере Мурунтау позволило сократить расстояние транспортирования горной массы автосамосвалами на 30-40%, снизить высоту её подъема самосвалами на 50-70%, сэкономить затраты на эксплуатацию в сравнении с автомобильным транспортом, уменьшить загазованность в карьере, увеличить производственную мощность карьера по горной массе на 30% [1].

2. В период работы с 2007 по 2009 гг. межступенного перегружателя с крутонаклонным конвейером (КНК-30) с высотой подъема горной массы 30 м, производительностью 3460 t/h., эксплуатируемого на южном борту карьера в составе существующего комплекса ЦПТ, была показана хорошая работоспособность и перспективность применения крутонаклонных конвейеров (КНК) в карьере Мурунтау. Сокращено расстояние откатки руды автотранспортом на 480 м, высоты подъема на 60 м. Приобретен опыт работы и отработана технология транспортирования руды на КНК [1, 2].

3. Ввод в эксплуатацию в составе комплекса ЦПТ выносного конвейера с ДПП на базе шнеко-зубчатой дробилки (2009 г.) позволил организовать транспортировку на перегрузочный пункт карьера (ППК) руды из зон интенсивного ведения горных работ карьера Мюntenбай и внешних складов. Сокращено расстояние перевозки руды автотранспортом на 600 м. [3, 4].

4. Ввод комплекса ЦПТ – руда с КНК в эксплуатацию в марте 2011 г. позволил сократить расстояние транспортирования горнорудной массы автомобильным транспортом в среднем на 3,5 км, высоту подъема на 285-320 м., повышена производительность технологического транспорта на 30%, сокращен годовой пробег машин на 30,4%, количество автосамосвалов, водителей и ремонтников – на 27,2%, расход горючесмазочных материалов – на 37%. Снижены затраты на эксплуатационные расходы на 2,7 млн. долл. США в год. [4]. Основные технические характеристики комплекса ЦПТ – руда с КНК, транспортируемой горной массы и условий эксплуатации представлены в табл. 1.

Основу комплекса ЦПТ-руда представляет крутонаклонный конвейер, связывающий полустационарный ДПП, размещенный на целике с откосом 45<sup>0</sup>...50<sup>0</sup> на гор.+285...+300 м, смонтированный в карьере, с расположенным на его поверхности складским конвейером, транспортирующим руду на промежуточный склад или в железнодорожные думпкары. На восточном борту карьера организован новый рудный перегрузочный пункт карьера (ППК-3), являющийся составной частью комплекса ЦПТ-руда с КНК. В состав перегрузочного складского комплекса входят: конвейер складской КС-3500; погрузчик штабелеукладчик скальный ПШС-3500; штабели оперативного (конвейерного) и автомобильного складов; экскаваторы ЭКГ-10. Поток руды, выданный через КНК на борт карьера, перегружается на конвейер ПШС-3500, который обеспечивает погрузку ее в думпкары или в штабель склада.

Таким образом, в настоящее время транспортная цепочка комплекса ЦПТ: ЦПТ-руда с КНК и ЦПТ-порода традиционной конструкции представляет собой единую схему доставки руды и породы из карьера на поверхность. С начала эксплуатации, с ноября 1984 г. по 01.01.2014 г., через комплекс ЦПТ отгружено около 460,0 млн. м<sup>3</sup> горной массы, в том числе через ЦПТ – руда с КНК отгружено более 10,6 млн. м<sup>3</sup>. Использование организационных, технических и технологических мероприятий обеспечили максимальную производи-

тельность комплекса ЦПТ традиционной конструкции до 22,3 млн. m<sup>3</sup> горной массы в год. О возникших проблемах и их решении при вводе комплекса ЦПТ в глубоком карьере Мурунтау подробно изложено в [1]. Максимальная достигнутая производительность КНК составила 1 млн. 190,8 тыс. t/мес.

Выполненными расчетами по определению рационального соотношения объемов грузопотоков между автомобильным и комбинированным (автомобильно-конвейерным с КНК) транспортом для рассматриваемых горно-технических условий карьера Мурунтау установлено, что максимальный экономический эффект достигается, если доля грузоперевозок автотранспортом составляет 30-40%, соответственно комбинированным 60-70%. При этом удельная эффективность применения комплекса ЦПТ-руда с КНК с размещением ДПП на гор.+375 m равна 0,193 долл. США на t. Следовательно, при проектной производительности комплекса ЦПТ-руда с КНК 14,0 млн. t., общая годовая эффективность составляет 2,7 млн. долл. США.

Учитывая значительное влияние общего комплекса ЦПТ традиционной конструкции и с крутонаклонным конвейером на технико-экономические показатели работы карьера, возникает необходимость рассмотрения дальнейшей эксплуатации комплекса и повышения его эффективности. Четвертой очередью строительства карьера была предусмотрена ликвидация действующих конвейерных линий традиционной конструкции с ДПП и строительство новых дробильно-перегрузочных установок (ДПУ), в том числе и с крутонаклонным конвейером. В настоящее время, согласно проекту, грохот и три ДПП демонтированы для дальнейшей отработки рудного тела на южном борту карьера. Выполнен ремонт наклонного забойного конвейера традиционной конструкции с ДПУ с дробилкой КВКД-1200/200 на гор.+405 m ...+420 m. Существующая поверхностная конвейерная линия № 1 использована для транспортирования из юго-восточной зоны объединенного карьера Мурунтау-Мютенбай породы во внешние отвалы. В целом транспортная система с использованием для вывоза горной массы из карьера автомобильного и автомобильно-конвейерного транспорта сохраняется. Анализ работы общего комплекса ЦПТ традиционной конструкции и с крутонаклонным конвейером показывает, что при дальнейшем совершенствовании ЦПТ на карьере Мурунтау возможно значительно увеличить её адаптационную способность к изменяющимся условиям разработки. С этой целью специалистами комбината разработаны и рекомендованы технические решения, направленные на увеличение эксплуатационной производительности комплекса ЦПТ:

- увеличения производительности существующей поверхностной конвейерной линии № 1;
- увеличения производительности КНК.

Рассмотрим данные технические решения более подробно.

Первое. В настоящее время существующая поверхностная конвейерная линия № 1 использована для

**Таблица 1**

**Основные технические характеристики комплекса ЦПТ – руда с КНК, транспортируемой горной массы и условий эксплуатации**

Показатели	Ед. изм.	Параметры
Техническая производительность	t/h	3500
Эксплуатационная суточная производительность	тыс. t	до 53,5
Длина КНК (в т.ч. наклонной части)	m	960 (483)
Высота подъема горнорудной массы	m	270
Угол наклонной части конвейера	град.	37
Скорость движения лент конвейера	m/s	3,15
Общая протяженность транспортирования	m	1285
Транспортируемый материал		Скальная порода
Гранулометрический состав	mm	0-300 (60%) 300-1200 (38,5%) Более 1200 (1,5%)
Размер кусков после дробления	mm	не более 300
Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова		7...15
Плотность в целике	t/m <sup>3</sup>	2,6
Насыпная плотность	t/m <sup>3</sup>	1,75
Предел прочности на сжатие	MPa	до 250
Диапазон температуры воздуха	°C	- 28,8...+48,6
Максимально допустимая скорость ветра	m/s	25
Сейсмичность зоны (по 12-балльной шкале),	балл	7
Сейсмичность от массовых взрывов в карьере (по 12-балльной шкале)	балл	до 8

транспортирования породы во внешние отвалы. С учетом перспективы развития карьера на глубину рекомендовано установить вторую ДПУ на наклонный забойный конвейер на гор.+405 m ...+420 m для увеличения производительности конвейерной линии № 1. В этом случае на конвейерную линию будет прием породы с двух ДПУ на базе дробилок КВКД-1200/200 с производительностью 1330 m<sup>3</sup>/h каждая. После монтажа второго ДПП поточное звено будет представлено двумя ДПП, конвейерной линией и одним отвалообразователем ОШС-4000/125.

По мере ликвидации перегрузочного пункта карьера, расположенного на восточном борту, надобность в выносном слабонаклонном конвейере отпадает. Рекомендовано не делать демонтаж, а выполнить веерную перестановку конвейерной линии и изменить направление выносного слабонаклонного конвейера с ДПП на базе шнеко-зубчатой дробилки с целью направления

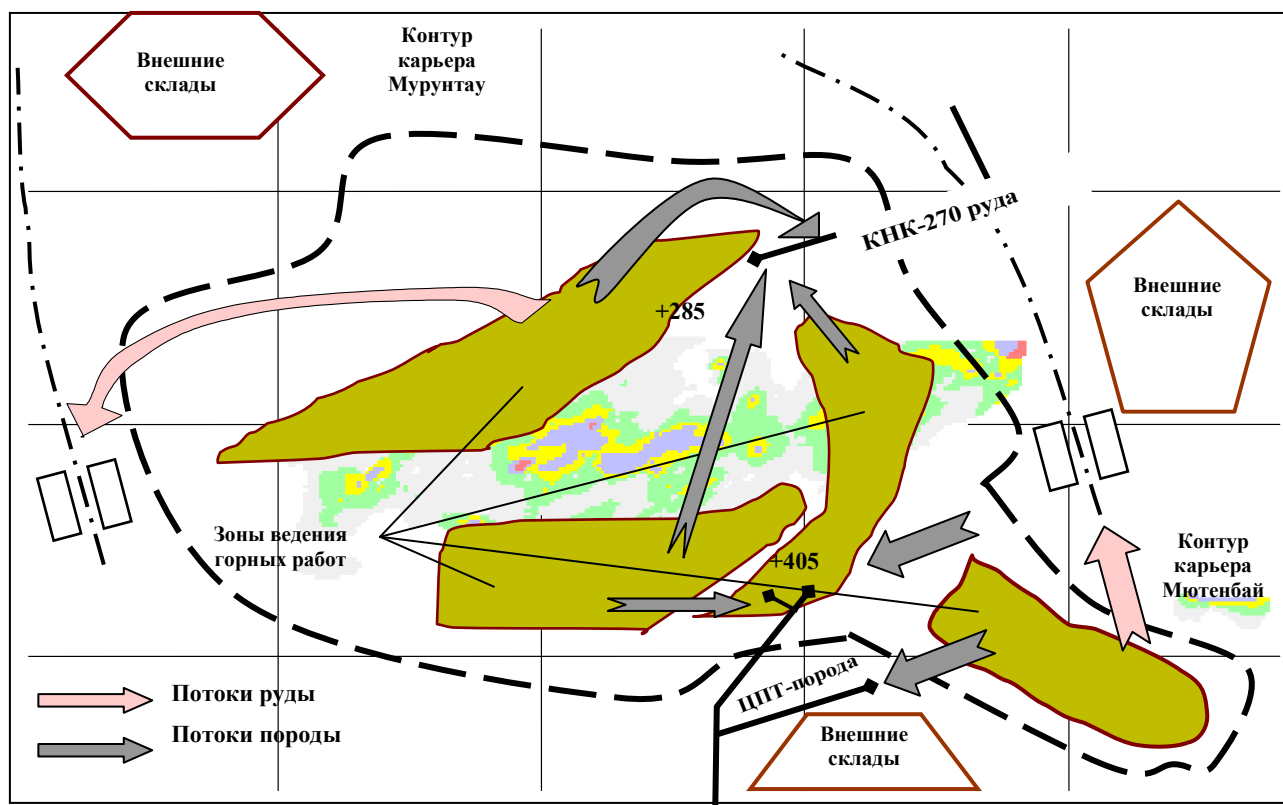


Рис. 1. Рационализация развития горных работ в объединенном карьере Мурунтау-Миутенбай

потока вскрышных пород с карьера на существующую поверхностную конвейерную линию № 1. Применение в транспортной схеме карьера конвейера с ДПП, размещенного в зоне интенсивного ведения горных работ, обеспечит минимальные расстояния транспортирования горной массы автосамосвалами. Опытной эксплуатацией конвейерной линии № 1 установлено, что использование рекомендаций для внедрения перспективных технологических схем циклично-поточной и поточной технологии позволило увеличить производительность комплекса ЦПТ-порода с существующей поверхностной конвейерной линии № 1 на 50%.

Второе. При проектировании комплекса ЦПТ-руда с КНК в состав оборудования заложены большие резервы и возможность без существенных капиталовложений и трудозатрат увеличить производительность КНК. С целью увеличения производительности КНК выполнены опытно-промышленные работы по транспортированию через комплекс ЦПТ-руда с КНК параллельно руды, минерализованной горной массы (бедных руд) и вскрышной породы. Установлено, что наибольшая производительность комплекса достигается при организации параллельной выдачи из экскаваторных забоев карьера на КНК вскрышных пород и минерализованной горной массы. С 2013 г. для повышения эффективности работы комплекса ЦПТ с КНК применяется совмещение породного грузопотока и минерализованной горной массы (бедных руд) и организована параллельная выдача из экскаваторных забоев северного и юго-восточного борта карьера на ДПП вскрыш-

ных пород и минерализованной горной массы. Предложен метод рационализации развития горных работ, заключающийся в разработке и реализации технологической схемы в карьере, предусматривающей использование ЦПТ-руда с крутонаклонным конвейерным подъемом для доставки разных сортов горной массы, изменения направления потока руды и пород с карьера на комплекс ЦПТ за счет организации параллельной выдачи из экскаваторных забоев на ДПП руды и вскрышных пород по дополнительной конвейерной эстакаде, позволяющей увеличить производительность комплекса ЦПТ-руда с КНК на 20%.

Для этого на северном краю рабочей площадки была выполнена конвейерная эстакада для приема породы с ПШС-3500. Рекомендуемая конвейерная эстакада позволяет организовать параллельную выдачу на ДПП вскрышных пород и минерализованной горной массы (бедных руд) через КНК. Для укладки горной массы в конвейерный отвал с конвейерной линии № 2 традиционной конструкции был демонтирован отвальный конвейер и перемещен на отвальное поле КНК (отвал № 10) вместе с отвалообразователем типа ОШС-4000/125, что значительно повысило гибкость системы и в целом увеличило производительность комплекса ЦПТ с КНК. После проведенной технической модернизации производительность линии составляет в среднем 4200 t/h. Таким образом, была разработана и реализована горнотранспортная схема распределения грузопотоков в объединенном карьере Мурунтау-Миутенбай (рис. 1).

При этом предусмотрено использование ЦПТ-руда с крутонаклонным конвейерным подъемом для доставки вскрышной породы и минерализованной горной массы (бедных руд).

Работа существующего ППК-2, расположенного на восточном борту, согласно четвертой очереди строительства карьера, предусматривается до конца 2013 г., после чего он будет ликвидирован. Специалистами комбината рекомендовано выполнить демонтаж железнодорожных путей и осуществить перенос ППК-2 за границы четвертой очереди карьера. Поток руды, выданный с объединенного карьера Мурунтау-Мютенбай автотранспортом, будет перегружаться на сектора нового перенесенного ППК-2.

Погрузка руды в думпкары на секторах ППК-2 обеспечивается экскаваторами. Учитывая, что на восточном борту карьера организован ППК-3, являющийся составной частью ЦПТ-руда с КНК, остается возможность отгрузки руды непосредственно в думпкары со складского конвейера КС-3500.

Таким образом, для мощных глубоких карьеров предложен метод рационализации развития горных работ, заключающийся в разработке и реализации технологической схемы в карьере Мурунтау, предусматривающей использование ЦПТ-руда с крутонаклонным конвейерным подъемом для доставки разных сортов горной массы, изменения направления потока товарной руды и вскрышных пород с карьера на комплекс ЦПТ-руда с КНК за счет организации параллельной выдачи из экскаваторных забоев на ДПП руды и вскрышных пород по дополнительной конвейерной эстакаде.

Использование рекомендаций для внедрения перспективных технологических схем циклично-поточной и поточной технологии позволило увеличить производительность комплекса ЦПТ - порода с существующей поверхностной конвейерной линии № 1 на 50%, комплекса ЦПТ- руда с КНК на 20%.

#### Список литературы:

1. Мальгин О.Н., Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Циклично-поточная технология в глубоких карьерах. Ташкент. «ФАН». 2004. с. 337.
2. Шеметов П.А., Мальгин О.Н. Транспортирование горной массы межступенным крутонаклонным перегружателем // Горный Журнал. - 2007. № 5. с. 46-47.
3. Санакулов К.С., Шеметов П.А. Карьер Мурунтау на пути к рекордной глубине: основные этапы развития и модернизации горных работ // Горный Журнал. - 2009 № 11. с. 98-102.
4. Санакулов К.С., Шеметов П.А. Развитие циклично-поточной технологии на основе крутонаклонных конвейеров в глубоких карьерах // Горный Журнал. - 2011. № 85. с. 34-37.

УДК 622.274.1; 622.342.; 622.70: 620.11

© Хамроев И.О., Руднев С.В., Саттаров Г.С., Назаров З.С., Эргашев У.А. 2014 г.

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СЕЛЕКТИВНОЙ ДОБЫЧИ И ОБОГАЩЕНИЯ СМЕШАННЫХ ТИПОВ GEOTEKNOLOGIЧЕСКИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ДАУГЫЗТАУ»

Хамроев И.О., зам. главного геолога НГМК, канд. геол.- мин. наук; Руднев С.В., главный геолог НГМК; Саттаров Г.С., профессор кафедры «Металлургия» НГПИ, докт. техн. наук; Назаров З.С., ведущий инженер горного бюро ЦНИЛ НГМК, канд. техн. наук; Эргашев У.А., главный инженер ГМЗ-3 Северного рудоуправления НГМК, канд. техн. наук

*Turli xil rudalarni texnologik probasi bo'yicha ajratib qazish usuli taklif qilingan. Bardoshli ruda tarkibidagi zararli aralshma (organik ko'mir, mishyak va boshqalar) lar ta'siri ostida foydali komponentlar ajratib olishning miqdori 50% gacha kamayadi. O'z navbatida foydali komponentlarning boyitish zavodidagi metallurgik yo'qotishlarni kamaytirish maqsadida qazish ishlarini quyidagi sistemali «zararli aralashma-metall tarkibi» ravishda ajratib olish taklif etilgan.*

*Tayanch iboralar: ajratib qazish, texnologik probali rudalar, bardoshli ruda, foydali komponentlar, zararli aralashmalar, metallurgik yo'qotishlar, boyitish zavodi, qazish ishlari.*

*It is suggested that the selective mining of various ore grades based on technological types of sample should be made. Resistance of ores has an effect on decrease of valuable components recovery to 50% of base ore due to the content of detrimental impurities (organic carbon, arsenic, etc.). Consequently, it is necessary to make system selection using «detrimental impurities-metal content» grouping in the process of mining operations in order to reduce the metallurgical losses at beneficiation plants.*

*Key words: selective mining, technological ore samples, refractory ores, valuable components, detrimental impurities, metallurgical losses, beneficiation plant, mining operations.*

**Состояние проблемы.** Большинство существующих технологических схем переработки различных упорных золотых руд включают получение двух продуктов - гравитационных и флотационных концентратов.

Существуют различные методы обработки концентратов: механоактивация перед цианированием в процессе мокрого измельчения материала в энергонапряженных планетарных мельницах, присутствии кислорода воздуха и других вводимых реагентов; окислительного выщелачивания концентратов минеральными кислотами и солями с использованием в качестве окислителей молекулярного хлора, гипохлорита, азотной кислоты в среде подачи кислорода; электрохимическое окисление в щелочной среде; интенсивное цианирование концентрата при избыточном давлении кислорода и повышенном содержании цианидов (в автоклавном варианте); бактериальное окисление; окислительный обжиг; хлоридовозгонка огарка после окислительного обжига; автоклавное вскрытие с использованием различных реакционных сред [1-5].

Плавка исходного концентрата на железистый штейн позволяет ошлаковать часть кислородсодержащих примесей с концентрированием золота и серебра в сульфидном сплаве. Золотосодержащие кеки направляются на плавку с получением золотосодержащего сплава. Недостатком данного способа является низкая степень сквозного извлечения золота (менее 70%) [3-4].

Для переработки смешанных углеродисто-сульфидных концентратов можно использовать метод селективной флотации углистых сланцев из коллективного концентрата, который перерабатывается плавкой или по схеме: обжиг-цианирование. Очищенный флотоконцентрат без углистого вещества может перерабатываться по схеме: биоокисление – цианирование [1].

В настоящее время золотосульфидные руды месторождений «Кокпатас», «Даугызтау» и «Аджибугут» перерабатываются на ГМЗ-3 по технологии флотации, биоксидизации и цианирования согласно технологии биоокисления. Промышленная отработка ведется Северным рудоуправлением НГМК открытым способом, геологические доразведочные работы осуществляются силами ГРП-2. Установлено, что низкое значение величины сквозного извлечения золота из смешанных золото-сульфидных руд горизонтов +280 м, +285 м месторождения «Даугызтау» (карьер Даугызтау) сопровождаются с повышенным содержанием углисто-битуминозных (жирных на ощупь) черных сланцев.

Предлагаются следующие варианты увеличения сквозного извлечения золота:

1. Увеличение времени биоокисления на 48 ч, что позволит обеспечивать приемлемые показатели по остаточному содержанию сульфидной серы в биокеке. Однако на практике это означает дополнительное строительство ещё двух реакторов к имеющимся шести в каждом модуле.

2. Применение окислительного обжига хвостов цианирования биокека, что также позволяет увеличить

степень сквозного извлечения на 10-12% и при этом нет необходимости строительства промышленных обжиговых установок.

3. Селективная флотация углистых сланцев из коллективного концентрата флотации (углерода и сульфидов) перед процессом биоокисления, который можно перерабатывать по схеме окислительного обжига с последующим сорбционным цианированием огарка. Достижение высокого показателя селективного отделения углеродистых фракций является трудной практической задачей процесса селективной флотации [6].

**Пути решения.** Исследованиями установлено, что из-за минералогических особенностей различных залежей месторождений «Даугызтау» в качестве актуальной задачи выдвигается сортировка руд по технологическим типам. Так же установлено, что упорность руд, сказывающаяся на технологическом снижении извлечения ценных компонентов на 50% по исходной руде из-за содержания вредных примесей («органический уголь», мышьяк). Поэтому для снижения металлургических потерь ценных компонентов на обогатительном заводе необходимо на стадии добычных работ производить системную селекцию группировкой «вредные примеси – содержание».

В связи с этим для рационального использования руд месторождения «Даугызтау» и получения максимально возможной степени извлечения золота проводились следующие научно-исследовательские работы:

- разработка методики и проведение геотехнологического картирования геолого-промышленных типов золотосодержащих руд месторождения «Даугызтау» и выдача рекомендаций по селективной их добыче, складированию и переработке;

- разработка критериев сортировки руд данного месторождения по геотехнологическим типам с целью их селективной выемки и складирования для последующей переработки;

- разработка способов открытой добычи разнотипных руд месторождений полезных ископаемых;

- геотехнологическое исследование процесса обогащения разнотипных руд.

Геолого-морфологические характеристики залегания рудных тел. Исследованы условия локализации природных и технологических типов руд пилотного участка.

По результатам проведенного геолого-технологического картирования на пилотном участке месторождения «Даугызтау» визуально по цвету, вещественному составу, углификации, по псевдоморфозам лимонита, по пириту, сульфидизации и другим гидротермальным проработкам пород выделены четыре природных типа руд:

- малосульфидные полуокисленные (смешанные) руды буро-коричневой окраски;

- золотосульфидные руды светло-серой, серой окраски;

- золотосульфидные руды темно-серой окраски;

- золотосульфидные руды черной окраски (с органическим углеродом).

Окисленные руды слагают верхние части рудных тел до глубины 20-40 м. Граница зоны окисления устанавливается визуально по резкой смене цвета руд, от бурого к серому. Мощность переходной зоны составляет от первых сантиметров до 0,5-2,0 м. Сульфидные руды представлены слабо метаморфизированными песчаниково-сланцевыми породами.

Золото в рудах тесно связано с пиритом и арсенопиритом. Свободного золота 8,4%. Часть золота содержится в углистом веществе - 0,9-3,0%. Поэтому первичные руды относятся к разряду упорных. Рудные залежи отчетливо фиксируются по значительному повышению степени сульфидизации (в 3-5 раз по сравнению с вмещающими породами), однако оконтуривание их проводится по данным опробования.

Магматическая деятельность в рудном поле проявлена слабо. За пределами площади месторождения встречено несколько даек нижнепермского возраста, представленные спессаргитами и керсантитами. Рудные тела месторождения представляют собой крупные, лентообразные вытянутые в северо-восточном направлении крутопадающие залежи. Все рудные залежи размещаются в пределах единой минерализованной зоны шириной 50-350 м.

**Горнотехнические условия эксплуатации месторождения.** Месторождение «Даугызтау» сложено, в основном, крепкими устойчивыми скальными породами - песчаниками, алевролитами и сланцами, требующими при разработке применения буровзрывных работ. Сверху на площади месторождения залегают рыхлые и полускальные четвертичные (суглинки, глины) и меловые (песчаники, глинистые сланцы, алевролиты) отложения. Их общая мощность на площади проектируемого карьера колеблется от 0,5 до 4,0 м, редко достигает до 5-20 м. Эти породы сухие, но при смачивании склонны к оплыванию, что при малой их мощности не вызовет осложнений в устойчивости бортов карьера.

Ниже залегает толща верхне-протерозойских скальных пород, среди которых наблюдаются, слои перемятые, углисто-глинистые сланцы, слабо устойчивые, пологозалегающие. Коэффициент крепости по шкале профессора М.М. Протодьяконова для скальных пород составляет от 7 до 15, в основном они устойчивы. Средний объемный вес - 2,65 т/м<sup>3</sup>.

Руды локализованы в песчаниках, алевролитах и сланцах и приурочены к местам мелкой складчатости, осложненными крутопадающими разрывными нарушениями. Падение рудных залежей 60-80°. Окисленные руды трещиноваты, слабо пористые. Объемный вес составляет 2,5 т/м<sup>3</sup>, влажность 0,1-0,6%, коэффициент крепости горных пород по шкале профессора М.М. Протодьяконова 4-10. Они имеют ржаво-бурый и желтоватые цвета. Сульфидные руды отличаются от окисленных большей плотностью,

более слабой пористостью и большей величиной объемной массы, равной - 2,8 т/м<sup>3</sup>. Они имеют серый цвет. Коэффициент крепости по шкале профессора М.М. Протодьяконова составляет 6-15. Средний коэффициент разрыхления пород и руд равен 1,5. Содержание свободного кремнезема в рудах изменяется от 22 до 40% (в среднем 29%), и руды являются силикозоопасными. Размещение руд в плане неравномерное с плавными контурами разделения сортов углифицирования. Мощность слипающихся отдельных сортов в плане составляет 1-19 м, протяженность по простиранию 14-1370 и более метров с углом падения в восточном направлении 60-85°.

Таким образом, пространственное размещение технологичных типов руд месторождения определяется размещением углистых сортов руд, которое должно учитываться при планировании развития горных работ и составлении календарных графиков добычи руд.

**Способы взрывания рудных тел.** Существуют два способа взрывания: совместное и раздельное взрывание отдельных сортов руды и породы.

*1 – способ.* С совместным взрыванием отдельных сортов руды и породы с последующей раздельной выемкой. Установлено, что ориентация содержания золота в залеже различна, поэтому необходимо взрывать блок с сохранением геологической структуры.

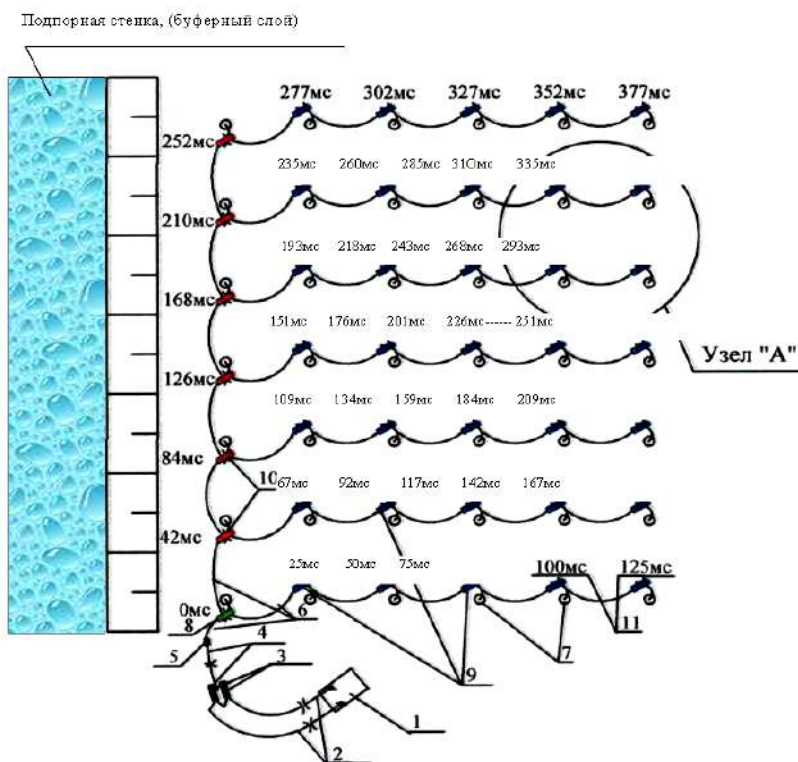
Данное требование обеспечивается при взрывании в зажатой среде. При данном способе разработки месторождений, с одной стороны, можно уменьшить нарушение геологической структуры полезного ископаемого при взрыве за счет снижения удельного расхода ВВ, а с другой стороны уменьшение удельного расхода ВВ при многорядном короткозамедленном взрывании крепких пород в зажатой среде приводит к ухудшению дробления пород и завышению подошвы уступа при экскавации.

Взрывание системой инициирования неэлектрического взрывания способствует к наименьшим сдвигам геологической структуры залегаемых горных пород за счет реализации эффекта «одна скважина – одно замедление» (рис. 1).

*2-способ.* С раздельным взрыванием отдельных сортов руды и породы, а также сопровождающей, соответственно, раздельной выемкой. Теоретически данный способ целесообразно выполнять для соответствующей мощности рудных залежей. При этом учитывается раздельное взрывание упорных руд, содержащих сорбционно активный органический углерод, приводящий в технологическом переделе к снижению извлечения ценных компонентов.

Раздельное взрывание включает: подступное рыхление (разновременное взрывание массива уступа горизонтальными слоями); взрывание наклонных скважинных зарядов; выборочное взрывание отдельных участков уступа; щелевое взрывание; направленное взрывание (взрыво-разделение).

Раздельное взрывание рудных и нерудных участков осуществляют, когда по фронту взрывного блока мож-



**Рис. 1. Схема монтажа и последовательности инициирования скважинных взрывчатых веществ: Условные обозначения:** 1 - взрывная машинка; 2 - электропровода; 3 - электродетонаторы мгновенного действия; 4 - магистральная нить детонирующего шнура; 5 - соединение детонирующего шнура с трубкой - волноводом; 6 - трубка-волновод; 7 - вертикальные скважины в плане; 8 - поверхностный соединительный блок, внутри которого находится капсуль-детонатор с замедлением 0 мс; 9 - то же, с замедлением 25 мс; 10 - то же, с замедлением 42 мс; 11 - время срабатывания поверхностных соединительных блоков без учёта прохода волны по трубкам - волноводам (мс)

но выделить участки, представленные кондиционной рудой или пустыми породами, а также когда разрабатываемые горизонтально или полого залегающие пластообразные рудные тела и уступ можно разделить на подуступы по контурам рудных тел. Раздельное взрывание различных сортов руд и вмещающих пород считается целесообразным при значительной мощности рудных залежей ( $M_p > 15 - 20m$ ) и достоверным и точным оперативным их оконтуриванием при проведении буровых работ. Метод раздельного взрывания с естественным «экранированием» (рис. 2) заключается в использовании в качестве естественных границ взрывания благоприятных структурно-геологических и горно-технических факторов: четких контактов руды с породой, которыми могут быть тектонические разломы; наличие плоскостей скольжения на границе «руда - порода»; существенно различная акустическая жесткость руд и вмещающих пород.

Для изменения граничных условий по внешнему контуру разрушения взрывание рудных массивов выполняют на неубранный слой ранее взорванной горной массы, так называемый, «буферный слой», мощность которого в общем случае составляет 1-2  $H_y$ .

С целью минимизации горизонтальных и вертикальных смещений рудных тел в верхней части уступа выполняется качественная забойка взрывных скважин. Высоту забойки определяют из соотношения:

$$l_{заб}/L_{зар} > C_{Рзаб}/w,$$

где  $l_{заб}$ ,  $L_{зар}$  - длина забойки и заряда соответственно;

$C_{Рзаб}$  - скорость звука в материале забойки;

$w$  - скорость детонации ВВ.

Скважинный заряд рассредоточивается на две части: в нижней - 80% от общего заряда ВВ, в верхней - 20%, разделяемые воздушным или инертным промежутком величиной 1/3 длины нижнего заряда.

Критерием сохранности массива служит коэффициент разрыхления  $K_p$ , устанавливаемый на основе маркшейдерской съемки навала взорванной рудной массы после взрыва, который не должен превышать 1,18-1,30. Снижение  $K_p$  ниже указанных значений ограничено условиями достижения необходимой степени дробления.

#### Селективная выемка руд по типам.

Селективная выемка заключается в отработке рудного блока различных сортов по соответствующим рудопотокам. Основная сложность раздельной выемки наблюдается в приконтактных зонах, характеризующих такие показатели, как

потеря и разубоживание, а также вследствие малой мощности слипающихся в плоскости сортов руд. Технологические условия залегания селективных руд, как было отражено выше, соответствуют техническим условиям имеющегося выемочного оборудования (RH-40E).

Для применения селективной выемки необходимо, чтобы размеры участков, отличающихся между собой по сорту (качеству) руды были достаточны в технологическом отношении для их раздельной отработки. При селективной выемке используются в основном те же системы разработки, что и при совместной валовой выемке. Отличие состоит в разделении грузопотоков разных руд, а также в изменениях очередности отработки отдельных участков рудных тел из-за необходимости стабилизации качества каждого сорта.

На карьерах селективная выемка может осуществляться при помощи различных специальных способов ведения буровзрывных и выемочно-погрузочных работ: совместным взрыванием (рыхлением) и селективной погрузкой; раздельным взрыванием (рыхлением) и раздельной погрузкой. Селективная выемка может быть простой (площадной) и сложной. Простая селективная выемка подразумевает обособленную погрузку

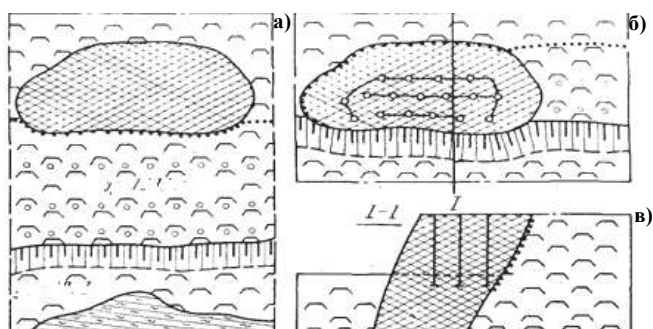


Рис. 2. Раздельное взрывание с естественным экранированием: а, б - эксплуатационный блок до и после отбойки породы со стороны висячего бока рудного тела; в - поперечный разрез блока; 1 - рудная брекчия, 2 - границы взрывных блоков, 3 - сланцы; 4 - взрывные скважины; 5 - серпентиниты

различных типов, сортов руды и горных пород по длине уступа без сортировки в вертикальной плоскости. Простую раздельную отработку осуществляют узкими заходками, нормальными заходками и выборочным способом (сначала разрабатывают рудные, затем - породные участки).

Сложная селективная выемка заключается в экскаваторной сортировке по высоте уступа, выполняемой различными приёмами: раздельной погрузкой, сортировкой руд по фракциям, управляемым обрушением, комбинированной погрузкой. Раздельная погрузка применяется на тех участках забоя, где руда и порода имеют чёткие границы. В забоях, разделённых по высоте на рудную и безрудную зоны, применяют вертикальную экскаваторную селективную выемку. Зоны отработывают в определённом порядке с раздельной погрузкой руды и породы. Горизонтальная экскаваторная селективная выемка выполняется в забоях с чётко выделенными рудными и нерудными участками по фронту развала взорванной горной массы. Выемка участков производится поперечными или продольными экскаваторными заходками переменной ширины в соответствии с конфигурацией и параметрами участков. Наиболее целесообразно применение автомобильного транспорта, позволяющего отдельно перемещать руду разных сортов из сложных забоев и породу (рис. 3).

Раздельная выемка наблюдается по длине заходки, а не по вертикали, что характерно для простой селективной выемки. Вскрытие и подготовку рудных блоков необходимо производить со стороны висячего бока.



Рис. 3. Технологическая схема отработки рудного уступа, взорванного с сохранением геологической структуры

**Технологические испытания.** Проведенные лабораторные исследования представленных проб дают возможность предложить применение технологической схемы переработки по флотационно-сорбционной схеме руды, представленной пробой ДТ-1, а руды, представленной пробами ДТ-2, ДТ-3, ДТ-4 – по флотационной схеме. Оптимальная крупность питания для процесса флотации по пробе ДТ-1 составляет 60% по классу – 0,074 мм, при этом извлечение золота составило 68,25%, по пробе ДТ-2 75%, при этом извлечение золота составило 90,22%, по пробе ДТ-3 65%, при этом извлечение золота составило 91,33%, по пробе ДТ-4 65%, при этом извлечение золота составило 89,10%.

На основании проведенных работ рекомендуемые схемы переработки руды по технологической пробе ДТ-1 – флотационно-сорбционная; по пробам ДТ-2, ДТ-3, ДТ-4 – флотационная с получением отвальных хвостов и дальнейшей переработкой флотоконцентрата.

#### Выводы:

1. По результатам проведенного геолого-технологического картирования на пилотном участке месторождения «Даугызтау» выделено четыре природных типа руд:
2. Проведенные исследования показывают необходимость проведения опережающей эксплуатационной разведки с проходкой по горизонтам бороздового опробования для установления типов руд по технологическим сортам.
3. Разработан способ производства взрывных работ с применением методов сохранения геологической структуры взрывающегося блока на неподобранный забой «на буфер».
4. Установлено, что параметры отработки блока зависят от изменения рудных жил в зоне оруденения. При выемке руд необходимо применять поперечно-продольную систему разработки.
5. Исследованиями установлено, что селективная выемка месторождения «Даугызтау» обеспечивает значительный экономический эффект за счет удаления углифицированных руд и увеличения степени сквозного извлечения золота.

#### Список литературы:

1. Чекушин В.С., Олейникова Н.В. Переработка золотосодержащих рудных концентратов (обзор методов) Известия Челябинского научного центра, 2005 г. вып.4 (30) с. 66-71.
2. Авакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука, 1986 г. с. 305.
3. Белявский М.А., Мейерович А.С., Меретуков М.А., Перспективные способы переработки золото- и серебросодержащего сырья за рубежом // М.: ЦНИИ цветметэконом и инф. Вып. 3, 1985 г. с. 52.
4. Стржко Л.С. Металлургия золота и серебра. М.: МИСИС, 2001 г. с. 336.
5. Зырянов М.Н., Нивин А.П. Испытание процесса хлоридовозгонки на различных типах упорных золотосодержащих концентратов / Цветные металлы, 1972 г. № 3. с. 8-9.
6. Руднев С.В., Хамраев И.О., Самтаров Г.С., Абдуллаев У.Ф. Оценка возможности селективной добычи смешанных руд месторождения Даугызтау по геотехнологическим типам // Материалы научно-практической конференции «Инновационные технологии горно-металлургической отрасли» Навои. 2011 г. с. 116.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ СЕВЕРНЫЙ УРТАБУЛАК

Юлдашев Т.Р., доцент кафедры «Технологические машины и оборудование» Каршинского ИЭИ, канд. тех. наук; Каримов Ё.Л., ст. преподаватель кафедры «Геология и разведка нефтегазовых месторождений» Каршинского ИЭИ; Дусткабилов Э.Н., ст. преподаватель кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Каршинского ИЭИ; Хамраев Б.Ш., ассистент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Каршинского ИЭИ

*Maqolada Shimoliy O'rtabuloq konida quduq tubi zonasiga har xil usullarda ta'sir qilish va neft qazib olishni jadal-lashtirishning samaradorligi masalasi o'rganilgan.*

*Tayanch iboralar: ta'sir qilish usullari, zaboy oldi zonasi, skvajina, samaradorlik, neft qazish, plastning gidrouzul-ishi, organik va noorganik ishlov berish, kislota, sirt-aktiv modda, gidrokimyoviy va issiq gaz kimyoviy ta'sir.*

*Various methods of treatment of well bottom zone as well as efficiency of petroleum extraction in Severny Urtabuloq deposit are considered in this article.*

*Key words: methods of treatment, well bottom zone, borehole, efficiency, petroleum extraction, increase, hydraulic fracturing, organic and inorganic treatment, acid, surface active agents, hydrochemical and thermal-gas-chemical treat-ment.*

Для интенсификации добычи нефти применяются различные методы [1]. Широкое применение нашли методы, основанные на воздействии в призабойную зону скважин (ПЗС). К таким относятся гидравлический разрыв пласта (ГРП), обработка ПЗС органическими и неорганическими кислотами и растворителями, поверхностно-активными веществами (ПАВ), тепловое, гидрохимическое и термогазохимическое воздействие, гидродескоструйные и гидромониторные обработки и др. Иногда применяются различные сочетания вышеназванных методов воздействия на призабойную зону пласта (ПЗП).

Как правило, обработка призабойной зоны (ОПЗ) – процесс многокомпонентный и его результативность определяется суммой множества факторов, зависящих от свойств породы пласта и конструкции скважины, технологии и техники осуществления метода.

Поэтому выбор метода воздействия и технологии его осуществления должны основываться на тщательных, многофакторных исследованиях, целью которых является установление связей между объектом воздействия и характеристиками метода ОПЗ [1].

В данной работе проанализируем эффективность некоторых методов воздействия на ПЗС месторождения Северный Уртабулак. На месторождении проводится ряд мер по интенсификации добычи нефти. Ниже кратко остановимся на гидроразрыве пласта (ГРП) и кислотной обработке пласта – солянокислотной обработке (СКО).

Эти мероприятия на месторождении проводятся в течение ряда лет. В табл. 1 приведены данные, полученные по результатам ГРП. На первый взгляд результаты положительные.

После ГРП в целом увеличиваются дебиты по жидкости, обводненность в большинстве случаев

Таблица 1

Результаты ГРП, проведенные на месторождении «Северный Уртабулак»

№ скв.	Результаты до ГРП			Продолжительность (дни)	Результаты до ГРП			Текущие результаты			Дополнительно добытая нефть, t
	Q <sub>ж</sub> , м <sup>3</sup> /д	Об-вод, %	Q <sub>ж</sub> , м <sup>3</sup> /д		Q <sub>ж</sub> , м <sup>3</sup> /д	Об-вод, %	Q <sub>ж</sub> , м <sup>3</sup> /д	Q <sub>ж</sub> , м <sup>3</sup> /д	Об-вод, %	Q <sub>ж</sub> , м <sup>3</sup> /д	
102	0,5	35,0	0,3	8	16,1	92,0	1,1	Произошел разрыв НКТ			43,00
104	2,6	35,0	1,5	6	16,0	27,0	10,2	4,80	7,40	3,90	725,49
97	1,2	51,0	0,5	8	17,0	90,0	1,4	8,70	52,00	3,66	468,12
79	0,2	7,0	0,2	5	26,5	100,0	0,0	Проявление соли			
110	2,0	98,0	0,0	6	81,0	70,0	21,2	122,90	72,80	29,20	2447,72
108	2,1	20,0	1,4	5	20,0	98,0	0,3	13,30	8,40	10,67	664,05
114	100	98,0	0,2	6	80,0	80,0	14,0	47,30	81,50	7,67	853,92

снижается. Однако следует высказать некоторые соображения относительно эффективности ГРП для условий месторождения. Известно, что коллекторские свойства продуктивной части пласта XV-P характеризуются относительной однородностью, породы-коллекторы относятся к ковернозно-поровому типу.

Принятая при подсчете запасов пористость в среднем составляет 14%, коэффициент нефтенасыщенности равен 0,74. Проницаемость пород по данным анализа керна изменяется в довольно широком пределе. Для пород коллекторов в пределах контура нефтеносности средняя проницаемость по данным анализа керна равна 121,8 мд. В таких условиях ГРП не может дать хорошие результаты [1].

Учитывая осложнения, происходящие после ГРП в ряде скважин (разрыв эксплуатационных колонн, проявление соли и др.), можно прийти к выводу относительно нецелесообразности проведения ГРП на этом месторождении. В пользу такого мнения говорит и тот факт, что коллекторские свойства пласта относительно хорошие и восстановление этих свойств в ПЗП может быть достигнуто проведением других геолого-технических мероприятий (ГТМ), в частности, промывкой забоя, СКО и др.

Учитывая геолого-физические характеристики коллектора, исходя из опыта разработки месторождений с аналогичными коллекторами, можно также прийти к выводу относительно низкой ожидаемой эффективности ГРП на месторождении. В южной части месторождения коллектор и так хороший, а в северной части улучшение емкостно-фильтрационных характеристик пласта может быть достигнуто путем СКО.

В качестве других мер воздействия на ПЗС применялись изоляция водопритоков и СКО. В скважине проводился КРС. Произведен дострел интервала 2447-2477 м, спустив НКТ на 2443 м закачано 2,5 т 20% соляной кислоты. После КРС скважина дала продукцию с дебитом 23 м<sup>3</sup>/д, обводненность 55%, q<sub>н</sub>=9 т/д. Скважина работала со среднемесячным дебитом q<sub>ж</sub> = 12,8 м<sup>3</sup>/д, O = 35%, q<sub>н</sub> = 7,3 т/д. Однако в последующие месяцы наблюдается снижение эффекта. Например, через месяц показатели были следующими: q<sub>ж</sub>=3,4 м<sup>3</sup>/д, O=15%, q<sub>н</sub>=2,53 т/д, через месяц показатели изменились следующими: q<sub>ж</sub> = 1,4 м<sup>3</sup>/д, O=15%, q<sub>н</sub> =1,04 т/д.

В скважине проводились следующие работы: в интервале выше 2446 м установлен цементный мост, скважина пробурена до 2454 м, произведены перфорационные работы на интервале 2450-2453 м. В сква-

жину закачано 1,5 м<sup>3</sup> 20%-ой соляной кислоты с p<sub>нач</sub>=180 атм, p<sub>кон</sub> = 60 атм. Скважина пушена в эксплуатацию глубиннонасосным способом. Начальные параметры: q<sub>ж</sub> = 16,5 м<sup>3</sup>/д, O= 35%, q<sub>н</sub> =9,4 т/д. До проведения ремонтных работ скважина работала с параметрами q<sub>ж</sub>=15,4 м<sup>3</sup>/д, O=96,5%, q<sub>н</sub>=0,4 т/д. В скважине проводились КРС, q<sub>ж</sub>=16,82 м<sup>3</sup>/д, O=43,7%, q<sub>н</sub>=8,29 т/д, а через месяц q<sub>ж</sub> = 49 м<sup>3</sup>/д, O = 40,7%, q<sub>н</sub> =2,6 т/д.

СКО, проведенные на месторождении, в целом могут быть оценены эффективными. Однако при КРС проведение водоизоляционных работ путем установки цементного моста, перфорация изолированных интервалов и последующая СКО может быть недостаточно эффективным за счет уменьшения контакта кислоты с породой коллектора. Цементное кольцо вокруг скважины служит при этом как барьер и создает определенные фильтрационные сопротивления. Для повышения эффективности метода необходимо создать условия максимального контакта кислоты с породой продуктивного пласта. Для этого, возможно, надо применить технологию создания кислотных ванн (СКВ), многократно обрабатывая ПЗС соляной кислотой. Технология проведения СКВ хорошо отработана [2-4].

В северной части месторождения коллектор состоит из плотных, слабо пористых, низкопроницаемых карбонатных пород. Учитывая низкую эффективность СКО в этой части месторождения целесообразно проводить гидрокислотный разрыв. В этом случае механическое воздействие жидкости-кислоты, обеспечивающее создание трещин разрыва, дополняется химическим воздействием кислоты на породу [2].

Для достижения более глубокого воздействия от забоя скважины в глубь пласта необходимо использовать методы замедления скорости реакции кислоты с породой. Наряду с известными химическими реагентами, замедляющими скорость реакции, для условий месторождения Северный Уртабулак, особенно для его северной части, может быть предложена пенокислотная обработка.

Благодаря наличию в растворе пузырьков воздуха уменьшается поверхность контакта кислоты с породой, тем самым уменьшается скорость реакции. Снижается поверхностное натяжение на границе раздела «порода – нейтрализованная кислота», что способствует более полному извлечению из пласта отреагированной кислоты [2].

В качестве замедлителей реакции можно также предлагать добавки ПАВ и полимеров.

#### Список литературы:

1. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Добыча нефти. Под ред. Ш.К. Гиматудинова. М.: Недра, 1983. – 455 с.
2. Зайцев Ю.В., Балакирев Ю.А. Добыча нефти и газа. М.: Недра, 1981. – 384 с.
3. Кудинов В.И., Сучков Б.М. Интенсификация добычи вязкой нефти из карбонатных коллекторов. М.: Недра, 1994. – 233 с.
4. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти. М.: Изд-во: «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2003. – 816 с.

# АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ МНОГОЦИКЛИЧНЫХ НАГРУЗКАХ

Мислибаев И.Т., доцент кафедры «Горное дело» ТашГТУ, канд. пед. наук; Заирова Ф.Ю., инженер горного бюро ЦНИЛ НГМК; Жиянов А.Б., инженер горного бюро ЦНИЛ НГМК

*Ko'p siklli pul'slanuvchi kuchlanish ostida kon jinsi mustahkamligining kuchsizlanishi ko'rib chiqilgan. Ko'p sonli ilmiy tadqiqotlarni amalga oshirilishiga qaramasdan hozirgi kungacha kon jinsi mustahkamligining kuchsizlanish qonuniyati to'liq o'rganilmagan, hamda aniq ilmiy tajriba o'tkazishning metodikasi va texnikasi ishlab chiqilmagan.*

*Tayanch iboralar: massiv mustahkamligining kuchsizlanishi, ko'p siklli pul'slanuvchi kuchlanish, kon jinsining charchaganligi, tajriba o'tkazishning metodikasi va texnikasi.*

*Investigations of fatigue breakdown of rocks due to multicyclic oscillatory load are considered in this article. Despite numerous experimental works common pattern of fatigue breakdown of rocks under oscillatory loads has not been detected yet. There are no experimental techniques and methods as well.*

*Key words: weakening of rock mass, multicyclic oscillatory loads, fatigue of rocks, laboratory experimentation techniques and methods.*

Совершенствование существующих и разработка новых способов разрушения горных пород под действием взрыва вызывает необходимость в изучении прочностных свойств горных пород в условиях циклического нагружения.

Поведение пластических (металлов) и хрупких, сравнительно однородных (бетоны, горные породы) материалов, при динамических пульсирующих нагрузках, изучено достаточно полно [1].

Усталостное разрушение является результатом поглощения критическим объемом металла предельной для данной кристаллической решетки удельной энергии. Если рассматривать не весь деформируемый объем, участвующий в поглощении энергии, а только ответственный за разрушение, то количество этой энергии в исходном состоянии есть величина постоянная, не зависящая от условий нагружения.

Различие между разрушением при квазистатическом нагружении (плавное возрастание нагрузки) и пульсирующем нагружении заключается лишь в том, что поглощение предельной энергии происходит в разных энергетических условиях: при квазистатическом нагружении подводимая к металлу энергия непрерывно возрастает, а при циклическом – за каждый цикл к металлу подводится строго определенная порция энергии.

Это обуславливает различие в механизмах рассеяния энергии, но не влияет на величину удельной энергии разрушения.

В общем случае в зависимости от уровня амплитуды напряжения  $\sigma$  (рис. 1) можно выделить четыре области на кривой усталости, характеризующиеся различными закономерностями разрушения материала и поглощения энергии [2]:

I. Область малоциклового усталости. Она охватывает диапазон напряжений  $\sigma_b > \sigma > \sigma_k$ . При их действии уже с первых циклов нагружения подводимая энергия расходуется на зарождение микротрещин.

II. Переходная область, охватывающая диапазон напряжений  $\sigma_k > \sigma > \sigma_c$ .

III. Область чистой или многоциклового усталости. Она охватывает диапазон амплитуд напряжений, при действии которых подводимая энергия в первые циклы нагружения может запасаться в материале в виде дефектов без накопления повреждений ( $\sigma_k > \sigma > \sigma_c$ ).

IV. Область безопасных повреждений –  $\sigma_c > \sigma > \sigma_{II}^B$ . Ниже, предел этой области, ограничивается циклическим пределом упругости  $\sigma_{II}^B$  [2], т.е. напряжением, при действии которого происходит рассеяние неупругой энергии, связанное с диффузией атомов, флуктуационными смещениями дислокаций и т.д.

Анализ теоретических и экспериментальных исследований [3-8], посвященный физической сущности

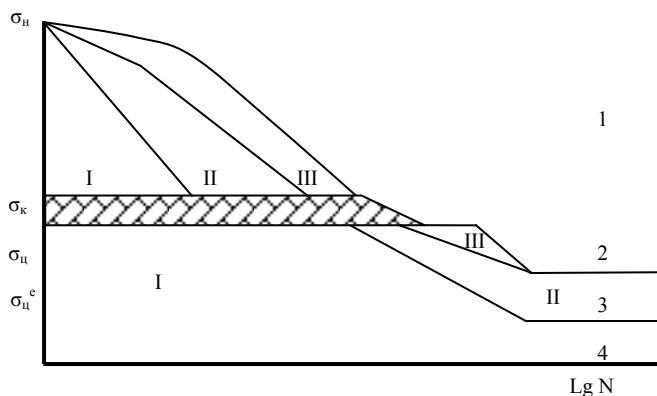


Рис. 1. Диаграмма усталостного разрушения: 1 – область малоциклового усталости (I, II и III – периоды усталости); 2 – переходная область; 3 – область многоциклового усталости; 4 – область безопасных повреждений

явлений усталости показал, что их можно объединить в пять групп, каждая из которых по-разному объясняет механизм зарождения и развития усталостной трещины.

1. В работе [3] показано, что пластические сдвиги в слабых кристаллитах в процессе повторного нагружения происходят тогда, когда напряжения от нагрузки превысят сопротивление зерен сдвигу. Усталостная трещина зарождается в плоскостях сдвига с того момента, когда местные напряжения, непрерывно увеличивающиеся вследствие упрочнения, достигнут значе- ний статической прочности.

2. В работе [4] в качестве предпосылки разрушения принято понижение местной прочности под действием пульсирующей нагрузки с постоянной амплитудой. Авторы наблюдали проявления первых трещин в мес- тах, наиболее охваченных сдвигами. Трещина образу- ется вслед за тем, как местные напряжения от воздей- ствия внешней нагрузки превысят значение сопротив- ления отрыву, причем это значение снижается во вре- мени пути увеличения числа циклов нагружения.

3. По результатам работы [5] усталостные микро- трещины появляются при развитии в плоскостях скольжения локализованных мгновенных тепловых всплеск. Число этих всплеск за один цикл растет с ростом амплитуды напряжений, а в единицу времени – с увеличением числа циклов.

4. В работе [6] описаны дислокационные представ- ления о механизме пластической деформации, по- скольку на развитие усталости оказывает влияние не- совершенство кристаллической решетки (дислокации, вакансии, внедрение атомов и др.). Здесь фактором, который определяет возникновение усталостной тре- щины, является возрастное поступательное движение дислокаций и их взаимодействие между собой. Цикли- ческое нагружение вызывает образование новых дис- локаций. Под действием циклической нагрузки они группируются в отдельных участках, образуя поры (пустоты) и превращаясь затем в усталостную трещи- ну.

5. В некоторых работах предлагаются критерии, учитывающие, что энергия рассеивается в материале в процессе циклического значения, чем и объясняется разрушение материалов от усталости. Автор работы [6] считает, что суммарная удельная энергия усталостного разрушения металлов равна скрытой теплоте плавлен- ния, что позднее подтверждено для сталей.

Известен эффект ослабления прочности горных пород под действием циклических нагрузок. В механике это явление называется усталостью горных пород. Большой вклад в его изучение внесли Барон Л.И., Миндели Э.О., Мирзаев Г.Г., Можаяев Л.В., Мохначев М.П., Протодьяконов М.М., Присташ В.В., Шрейнер Л.А. и др. Явления усталости горных пород исследова- лись, главным образом, в лабораторных условиях на образцах при различных режимах циклического нагру- жения. Параметры усталостного разрушения горных пород исследовались при пульсирующих нагрузках [3].

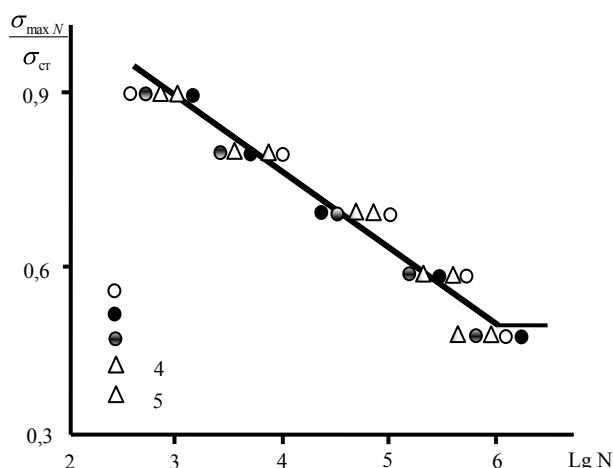


Рис. 2. Изменение прочности горных пород при пульсирующем сжатии для значений статического предела прочности: 1 – известняк; 2 – сильвинит; 3 – мрамор; 4 – песчаник; 5 – габбро

Нормальное наибольшее напряжение цикла обозначается через  $\sigma_{max}$ , наименьшее – через  $\sigma_{min}$ . Кроме того, показано среднее напряжение цикла, равное  $\sigma_{cp} = (\sigma_{max} + \sigma_{min}) / 2$  и амплитуда  $\sigma_a$  изменения напряжения во время цикла, т.е. отклонение от его среднего напряже- ния.

В зависимости от соотношения наибольшего и наи- меньшего напряжений цикла он может быть симмет- ричным – знакопеременным, когда  $\sigma_{min}$  равно по вели- чине и противоположно по знаку  $\sigma_{max}$ ; несимметрич- ным – циклическим, когда  $\sigma_{max}$  не равно  $\sigma_{min}$ ; пульси- рующим, когда  $\rho=0$  и  $\sigma_{min}=0$ . Величина  $\rho = \sigma_{min} / \sigma_{max}$  называется коэффициентом асимметрии цикла. Для симметричного цикла  $\sigma_{max} = -\sigma_{min}$  и  $\rho=1$ , для пульсирую- щего –  $\rho=0$ .

В работе [7] испытаниям на гидравлическом прессе подвергались образцы базальтов, гранитов и песчани- ков при частоте изменения колебаний нагрузки 500 в минуту.

Исследования показали, что снижение разрушаю- щих напряжений с увеличением числа циклов пульси- рующих нагружений закономерно для всех типов по- род. Вместе с тем, интенсивность снижения их с увели- чением числа циклов пульсирующих нагружений до предела циклической прочности различна и аппрокси- мируется уравнениями вида:

$$\begin{aligned}
 & \text{– для базальта } \frac{\sigma_{max} N}{\sigma_{ст}} = 1,12 N^{-0,05} ; \\
 & \text{– для гранита } \frac{\sigma_{max} N}{\sigma_{ст}} = 1,19 N^{-0,08} ; \\
 & \text{– для песчаника } \frac{\sigma_{max} N}{\sigma_{ст}} = 1,10 N^{-0,09} .
 \end{aligned}$$

Установлено, что предел циклической прочности исследованных типов горных пород составляет 35-50% от статического предела прочности горных пород при сжатии.

В работе [8] исследовались механизмы усталостного разрушения углей для обоснованного выбора параметров гидроотбойки пульсирующими струями и выявления преимуществ переменной нагрузки при разрушении хрупких тел. Установлено, что предел циклической прочности для испытанных углей составляет 55% от статического предела прочности при сжатии, что позволяет считать перспективным разработку способов разрушения углей динамическими пульсирующими нагрузками. В работе [7] проведены усталостные испытания мрамора, силвинита, песчаника и габбро в условиях пульсирующего сжатия и растяжения.

Как видно из рис. 2, с ростом количества пульсирующих нагружений предельное сопротивление на сжатие. Результаты исследований показывают, что установленные закономерности изменения предельного сопротивления сжатию в зависимости от числа пульсирующих нагружений могут быть аппроксимированы уравнениями вида:

$$\sigma_{\max} N / \sigma_{CT} = 1,29 - 0,1271g N,$$

$$\sigma_{\max} N / \sigma_{CT} = 1,30 - 0,1451g N$$

с коэффициентом корреляции  $0,97 \div 0,99$  и надежностью коэффициента корреляции  $-72 \div 180$ . В результате исследования установлено, что для всех типов исследованных горных пород предел усталостной прочности на сжатие составляет примерно 50% от предела статической прочности. При растяжении путем сжатия ци-

линдрических образцов по образующей для исследованных типов пород предел усталостной прочности составляет примерно 45% от предела статической прочности. Анализ литературных данных показывает, что предел усталостной прочности горных пород и других материалов ниже предела статической прочности. В наибольшей степени это проявляется у слабых горных пород. Авторы работ [7, 8] отмечают, что горные породы имеют свои структурные особенности, коренным образом отличающиеся от металлов (строение, механизма), которые оказывают влияние на характер разрушения при пульсирующих нагрузках. В структуру породы включаются пористость, дефекты, трещиноватость. Пульсирующие нагрузки существенно изменяют процесс разрушения горных пород. При этом вторичные поля напряжений, обусловленные неоднородностью структуры, меняются от цикла к циклу. Отдельные микротрещины, возникающие при нагружении, при разгрузке полностью не закрываются; материал не возвращается к начальному состоянию и поэтому при новом нагружении эти дефекты изменяют вторичное поле напряжений. В результате дальнейший рост нагружений приводит к усталостному разрушению пород.

Таким образом, несмотря на многочисленные экспериментальные работы, до сих пор не выявлена общая закономерность усталостного разрушения горных пород при пульсирующих нагрузках, отсутствуют методика и техника натуральных экспериментов, испытания не вышли из рамок лабораторных исследований.

#### Список литературы:

1. Иванова В.С. *Современные представления о природе усталостного разрушения и новые направления исследований // Усталость металлов и сплавов.* – М.: Наука, 1971. – 3-14 с.
2. Иванова В.С. *Усталостное разрушение металлов.* – М.: Металлургияиздат, 1963. – 257 с.
3. Афанасьев Н.И. *Статическая теория усталостной прочности металлов.* – Киев, 1953. – 128 с.
4. Orowan E. *Proc. Roy. Soc. (London),* 171, 79, 1939. – P. 17.
5. Одинг И.А. *Теория дислокаций металлов и её применение.* – М., 1959. – 117 с.
6. Иванова В.С. *Циклическая прочность металлов.* – М., 1962. – 212 с.
7. Миндели Э.О., Мохначев М.П. *Метод и исследование поведения горных пород при пульсирующем режиме нагружения // ФТПРПИ.* – М., 1971. – №1. – 18-25 с.
8. Мохначев М.П., Протодьяконов М.М. *Влияние статических равномерных и динамических пульсирующих нагрузок на усталостные свойства горных пород // В кн.: Исследование физико-механических свойств и взрывного способа разрушения горных пород.* – М.: Наука, 1970. – 99-103С с.

УДК622.277; 622.235.5 (043)

© Назаров З.С., Заиров Ш.Ш., Норов А.Ю. 2014 г.

## ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Назаров З.С., ведущий инженер горного бюро ЦНИЛ НГМК, канд. техн. наук; Заиров Ш.Ш., ст. научный сотрудник-соискатель НГГИ, канд. техн. наук; Норов А.Ю., инженер «Кончи-техпроект»

*Yer osti ishqorlash texnologik jarayonlarini jadallashtirish yo'llari va ruda qatlamini tayyorlash usullari ko'rib chiqilgan. Skvajinaga joylashtirilgan suyuqlikni detanatsiyalash orqali va uning stvolida zarb to'liqini tarqalishini*

*to'xtatishga mo'ljallangan elementdan tashkil topgan portlatish usulining talqini keltirilgan.*

*Tayanch iboralar: skvajina, yer osti ishqorlash, qatlamdagi yoriqlar, ruda qatlamini tayyorlash usullari tasnifi, qazib olishni jadallastirish, gidravlik bosimni kamaytirish, to'xtatish elementi.*

*Methods of development of ore deposits and ways of intensification of underground leaching process are considered in this article. Ways of conducting of blasting operations in the borehole including detonating of charge in the borehole fluid medium and installation of braking element on the way of shock wave travel down the borehole are analyzed.*

*Key words: borehole, underground leaching, cracking of stratum, classification of development methods of ore deposits, production stimulation, decrease of hydraulic shock, braking element.*

В настоящее время для различных горно-геологических и горнотехнических условий месторождений созданы системы разработки с оптимальными параметрами расположения технологических скважин и технологическими схемами ведения работ. По сравнению с традиционными подземными и открытыми горными работами метод скважинного подземного выщелачивания (СПВ) является экологически более чистым и экономически прибыльным вследствие минимальных капитальных вложений на строительство предприятий, сжатых сроков освоения месторождений, низких затрат на единицу продукции и т.д.

Технологическая сущность классификации способов подготовки рудных залежей и интенсификации технологических процессов подземного выщелачивания заключается в совокупности технологических приемов и технических средств, определения их влияния на гидродинамику продуктивных растворов. На основании этого выделены четыре класса, которые на более низких иерархических уровнях классификации группируются в зависимости от их назначения и технологии (табл. 1).

Основы теории буровзрывной подготовки, конструктивное оформление систем разработки и результаты их промышленного использования детально описаны в работах [1, 2].

Специальные способы подготовки рудных залежей для подземного выщелачивания по их целевому назначению подразделяют на две функциональные группы: способы локализации зоны формирования продуктивных растворов; способы повышения проницаемости рудных залежей.

Опыт подземного выщелачивания пластовых месторождений, для которых характерно отношение рудной мощности к общей мощности рудовмещающего пласта более, чем 1:5–1:10, выявил повышение затрат реагента в результате его вертикального растекания во вмещающие породы, что негативно сказывается на себестоимости продукции, ухудшает управление процессом выщелачивания и приводит к обширному загрязнению окружающих пород. В этих условиях целесообразным является создание искусственных противифльтрационных завес (экранов), которые позволяют локализовать поток реагента в рудной зоне и контролировать его распространение как в плане рудной залежи, так и по геологическому разрезу.

Подготовка рудных залежей с использованием гидравлических завес целесообразна в условиях пористых, хорошо проницаемых пород. Сущность метода [3] заключается в создании гидравлического градиента давления во вмещающих породах по отношению к рудной залеже, что препятствует растеканию потока реагента из рудной залежи в окружающие породы, т.е. выбирают такую гидродинамическую схему выщелачивания, при которой все ниши токов продуктивного раствора сосредотачиваются внутри границ обрабатываемого участка.

Один из возможных способов блокирования растворов – закачка в пласт воздушных или газовых смесей [4], а также стабилизированной пены, представляющей собой азрированный водный раствор поверхностно-активного вещества. Азрированная жидкость образует блокаду вокруг скважины. При этом полярные группы атомов молекул пузырьков воздуха «прилипают» к твердой поверхности, а углеводородные цепи атомов располагаются снаружи и тем самым способствуют гидрофобизации поверхности пористой среды в призабойной зоне. В связи с этим проницаемость пласта резко уменьшается, поэтому способ при подземном выщелачивании в настоящее время не используется.

Противофильтрационные экраны (механические завесы) могут быть образованы следующим образом: закачкой в контурные скважины твердеющих растворов на основе тампонажных растворов; силикатизацией; инъектированием в закрепляемые породы синтетических смол и кольматирующих веществ; гидравлическим разрывом пласта и последующей закачкой в образовавшиеся трещины изолирующих материалов, созданием щелей методом гидроразмыва и заполнением их изолирующим материалом (этот способ практически не изучен).

Одним из наиболее распространенных способов создания противофильтрационных завес в гидростроительстве до настоящего времени являлась закачка в контурные скважины твердеющих растворов на основе тампонажных цементов. Этот способ имеет ряд недостатков: для образования растворов требуется цемент тонкого помола, срок твердения растворов – длительный, кроме того, в условиях большой дробимости пород цементные растворы разжижаются и иногда вообще не затвер-

Таблица 1

Классификация способов подготовки рудных залежей и интенсификации технологических процессов подземного выщелачивания			
Класс	Группа	Подгруппа	Способ
	Локализация зоны формирования растворов	Ограничение растекания. Защита водозаборов	Создание экранов и гидрозавес. Инъекция кольматантов
Специальные и взрывные способы подготовки	Повышение проницаемости руд	Повышение прифилъровой проницаемости	Создание суперскважин
			Ультразвуковая и электрогидравлическая обработка
		Повышение проницаемости массива	Химическая декольматация
			Поинтервальный гидроразрыв
Комбинированные способы подготовки	Разупрочнение целиков скважинной гидродобычи	Повышение проницаемости целиков	Дилатансионное разупрочнение. Воздействие силовыми волнами
	Создание компенсационного пространства	Повышение проницаемости массива	Самообрушение целиков. Гидроразрыв целиков
Способы интенсификации	Улучшение взаимодействия реагента с рудой	Гидродинамическое	Создание коллекторов размывом. Создание горизонта обрушения размывом
		Геотехнологическое	Заводнение в режиме гидроразрыва
	Ускорение процессов	Воздействие на пласт	Принудительное нагнетание реагента
			Бактериальное воздействие
		Воздействие на раствор	Применение окислителей
			Воздействие постоянным током
Способы изменения направления движения	Ликвидация застойных зон	Режимная	Воздействие переменным током
	Увеличение зоны воздействия	Отклоняющее	Омагничивание растворов
			Пульсирующий режим работы скважин
			Введение в поток отклоняющих зон

Один из возможных способов создания локальных завес – гидроразрыв пород. Разрыв и выдачу отбитой горной массы ведут с помощью снарядов скважинной гидродобычи или скважинных гидрорасширителей, а образовавшиеся полости закладывают твердеющим материалом. В настоящее время значения радиуса разрыва достигают 9-14 м.

Указанные выше способы создания механических завес требуют значительных объемов капитальных работ, т.к. площадь создаваемой завесы, приходящаяся на одну скважину, относительно невелика.

Для подземного выщелачивания более перспективен способ создания механических завес с ориентацией их в пространстве путем проведения гидравлического разрыва пласта (ГРП) с последующим заполнением образовавшихся трещин твердеющим материалом.

Технология ГРП [6] широко распространена в

нефтегазовой промышленности. Метод заключается в следующем: при закачке в пласт жидкости со скоростью, превышающей скорость поглощения этой жидкости пластом, давление на забое скважины повышается, в результате чего расширяются уже существующие в горном массиве трещины или образуются новые. Трещины закрепляются и заполняются твердеющим водонепроницаемым материалом, причем предусматривается создание как линейных горизонтальных и вертикальных, так и замкнутых завес. В нефтегазовой промышленности в скальных и плотных осадочных породах уже выполнено несколько сот тысяч гидроразрывов, в то время как технология проведения их в рыхлых, песчаных и песчано-глинистых породах изучена мало.

Эксперименты по созданию механических завес для ПВ, проведенные на различных гидрогенных месторождениях [7], позволили запроектировать опытно-промышленные участки с использованием систем экранов и начать их эксплуатацию. Экраны, создаваемые с помощью одной скважины, могут достигать в радиусе 35 м. В то же время теоретиче-

скважины расширяются, в результате чего расширяются уже существующие в горном массиве трещины или образуются новые. Трещины закрепляются и заполняются твердеющим водонепроницаемым материалом, причем предусматривается создание как линейных горизонтальных и вертикальных, так и замкнутых завес. В нефтегазовой промышленности в скальных и плотных осадочных породах уже выполнено несколько сот тысяч гидроразрывов, в то время как технология проведения их в рыхлых, песчаных и песчано-глинистых породах изучена мало.

Эксперименты по созданию механических завес для ПВ, проведенные на различных гидрогенных месторождениях [7], позволили запроектировать опытно-промышленные участки с использованием систем экранов и начать их эксплуатацию. Экраны, создаваемые с помощью одной скважины, могут достигать в радиусе 35 м. В то же время теоретиче-

ски установлено, что нет жесткой необходимости в создании сплошных экранов. Достаточно лишь обеспечить формирование плоскопараллельного потока в прискважинной зоне, что обеспечивается экранами радиусом до 10 м.

Перспективным направлением для локализации зоны формирования продуктивных растворов является применение высоконапорной закачки (без достижения давления разрыва) колматирующих веществ последовательной фильтрацией растворов солей поливалентных металлов и карбонатных соединений металлов. Фильтрационные свойства пород при этом снижаются в 5-7 раз.

Ограничение и полная локализация (захоронение) остаточных продуктов технологических процессов ПВ возможны в результате закачки в пласт на всю мощность рудоносного горизонта веществ, образующих нерастворимый осадок при взаимодействии с кислотой.

Для повышения естественной или создания искусственной проницаемости рудного массива применяют способы с разрушением и без разрушения продуктивного пласта: буровзрывные работы для получения оптимальной величины кусковатости (для скальных руд); дилатансионное (без разрушения) разуплотнение рудных блоков (для скальных и глинистых руд); гидравлический разрыв для создания искусственной трещиноватости (для скальных руд); поинтервальный гидравлический разрыв для создания зон повышенной проницаемости (для песчано-глинистых руд).

Наиболее распространена подготовка руд к ПВ с помощью буровзрывных работ. Возможны различные варианты этого способа: с отбойкой скальных руд в зажатой среде и образованием компенсационных полостей взрыванием, с использованием жидких взрывчатых веществ (ВВ) (этот способ предлагается также в сочетании с гидроразрывом пласта) и ядерных взрывов.

Перспективный способ подготовки скальных руд – воздействие на массив взрывом в режиме дилатансии, при котором происходит раскрытие трещин без разрушения массива. Предпринимались попытки освоения способа поинтервального гидроразрыва для раскрытия существующих и создания новых трещин в блоках скальных руд с использованием различных пакерирующих устройств и гидрозатворов.

Наиболее перспективно использование гидроразрыва для создания зон повышенной проницаемости при выщелачивании слабопроницаемых руд гидрогенных месторождений. Начато опытно-промышленное освоение этого способа.

Сущность способов изменения направления движения продуктивных растворов заключается в создании постоянно или временно действующих возмущений, изменяющих направление и характер

**Таблица 2**

**Классификация специальных систем подземного выщелачивания гидрогенных месторождений**

Системы выщелачивания с реализацией условий заданной пространственной ориентации потоков растворов	Системы выщелачивания, в которых предусматривается улучшение качества взаимосвязи элементов системы «руда-реагент»
С локализацией потока реагента. С искусственными водоупорами. С ограничением зоны формирования продуктивных растворов вертикальными завесами.	С искусственным увеличением проницаемости отдельных частей рудоносных горизонтов. С протяженными коллекторами. Со скважинами, оснащенными фильтрами увеличенного диаметра (суперскважинами). С увеличением проницаемости (проницаемости) пород поинтервальным гидроразрывом. С обрушением руд на компенсационное пространство.
С регулированием движения растворов в пространстве. С переменными режимами движения растворов. С вертикальной и диагональной фильтрацией и промежуточными экранами. С принудительным нагнетанием реагента в заданном направлении.	С воздействием физических полей. С воздействием на пласт постоянным или переменным электрическим током с волновыми воздействиями на массив.

движения растворов и улучшающих качество их взаимодействия с рудой. По классификационным признакам они ближе к собственно способам интенсификации, хотя и в них применяют элементы подготовки (например, экраны).

Ликвидация застойных зон и улучшение качества работы технологических скважин невозможны без технологических приемов, заключающихся в периодическом включении и выключении группы скважин в соответствии с заданными программами. Изучение и практическое освоение их примени-

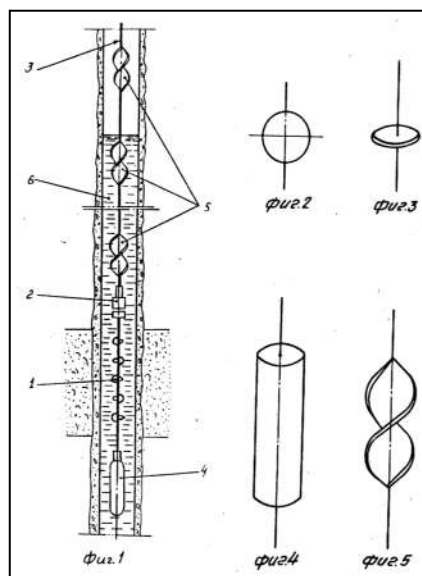


Рис. 1. Способ проведения взрывных работ в скважине

тельно к условиям ПВ гидрогенных месторождений начаты Ю.В. Культиным и Н.Ф. Гуркиной, развитие и опытно-промышленное использование ведется под руководством И.С. Глазунова и А.Г. Сафонова.

Увеличению области воздействия рабочих растворов на рудный пласт и соответственно повышению общей производительности гидродинамической ячейки при этажном расположении фильтров служит введение в сформировавшийся поток реагента различных отклоняющих зон – экранов, гидробарьеров и т.п. Перспектива развития систем ПВ с вертикальной фильтрацией в значительной степени зависит от успешного освоения этих способов в ближайшие годы.

И, наконец, осваиваются способы селективного выщелачивания маломощных или обособленно расположенных рудных тел, заключающиеся в направленном нагнетании и отборе растворов из определенных точек пласта. Такие способы обеспечивают селективное вскрытие и обработку рудной части пласта при значительном сокращении потерь раствора во вмещающих породах.

Внутри рассматриваемого класса выделены две группы систем, различающихся целевым назначением способов подготовки [8] (табл. 2).

Известен способ [9] проведения взрывных работ в скважине, включающий сжигание заряда в среде скважинной жидкости и установку тормозящего элемента на пути распространения ударной волны в стволе скважины. После взрыва зарядов в скважине производят принудительное торможение движения столба скважинной жидкости путем размещения тормозящего элемента в скважине выше области, занятой газообразными продуктами взрыва, но ниже верхней границы столба скважинной жидкости и выше максимального расширения газового пузыря из продуктов взрыва.

На фиг. 1 (рис. 1) показана скважина с размещенным в ней перфоратором взрывного типа и тормозящим элементом; на фиг. 2, 3, 4 и 5 (рис. 1) – варианты тормозящих элементов.

Для осуществления способа проведения взрывных работ в скважине, например, при перфорации скважины, производят следующие операции в вышеуказанной последовательности: подводят к скважине подъемник с установленной на нем лебедкой; снаряжают перфоратор; подвешивают снаряженный перфоратор к кабельной головке геофизического кабеля; устанавливают взрыв-патрон и соединяют с жилой геофизического кабеля посредством токопровода; подвешивают груз к нижнему концу перфоратора; крепят на геофизическом кабеле выше перфоратора тормозящие элементы; собранную компоновку подъемником опускают в скважину в интервал перфорации; после установки перфоратора в необходимом интервале подают импульс на взрывпатрон и осуществляют взрыв зарядов перфо-

ратора; после отстрела производят подъем компоновки на устье скважины.

*Пример.* Снаряжают перфоратор – 1 необходимым количеством зарядов. Снаряженный перфоратор – 1 подвешивают, например, к кабельной головке – 2 геофизического кабеля – 3. Затем устанавливают взрыв-патрон и соединяют с жилой геофизического кабеля – 3 посредством токопровода (на чертежах условно не показан). К нижнему концу перфоратора – 1 подвешивают груз – 4, а выше перфоратора – 1 на геофизическом кабеле – 3 устанавливают тормозящий элемент – 5 на расстоянии от заряда, определяемом выражением:

$$L = \frac{(1-U)ERn}{\rho g Hl},$$

где U – КПД взрыва;

n – число зарядов, шт.;

E – энергия взрыва одного заряда, J;

R – радиус столба скважинной жидкости, m;

$\rho$  – плотность скважинной жидкости, kg/m<sup>3</sup>;

g – ускорение силы тяжести (g=9,81 m/s<sup>2</sup>);

H – высота столба скважинной жидкости от заряда, m;

L – расстояние от заряда до тормозящего элемента, m.

Установленный таким образом тормозящий элемент – 5 в скважине находится выше области, занятой газообразными продуктами взрыва, но ниже верхней границы столба скважинной жидкости и выше максимального расширения газового пузыря и продуктов взрыва.

Тормозящие элементы – 5 могут быть выполнены, например, в виде шара (фиг. 2, рис. 1) или в виде пластины (фиг. 3, рис. 1), или в виде цилиндра (фиг. 4, рис. 1), или в виде шнека (фиг. 5, рис. 1). Возможны другие варианты. Количество тормозящих элементов может быть и более одного. Для этого выше или ниже тормозящего элемента – 5 в стволе скважины устанавливают по крайней мере по одному тормозящему элементу с расстоянием между элементами не менее 30a (где a – характерный размер тормозящего элемента).

Собранную компоновку подъемником опускают в скважину так, чтобы перфоратор – 1 находился в интервале перфорации. Воспламенение и взрыв зарядов перфоратора – 1 производят в среде скважинной жидкости – 6.

После взрыва столб скважинной жидкости – 6 поднимается и, взаимодействуя с тормозящими элементами – 5, получает принудительное торможение. Поэтому часть энергии газового пузыря будет теряться на преодоление сил принудительного трения. При этом, чем сильнее будет торможение движения столба жидкости – 6, тем на меньшую высоту поднимется этот столб жидкости. При падении столба жидкости вновь будет происходить торможение его движению элементами – 5.

Исследования показали, что на величину давления гидравлических ударов влияют различные факторы принудительного торможения движения столба скважинной жидкости: только трение о стенки, только вращение столба жидкости при различной скорости вращения, установка тормозящих элементов в виде N-числа шариков диаметром  $a=5$  см и установка тормозящих элементов, которые являются завихрителями движения жидкости.

Дополнительная диссипация энергии, обусловленная принудительным торможением жидкости, например, чистым вращением при значении вращательной составляющей скорости  $V_{\text{ввр}}=8$  м/с уже приводит к снижению величины давления гидравлического удара на  $\sim 7$  в сравнении с трением о

стенку при прямолинейном движении жидкости в обсадной колонне.

Использование принудительного торможения с помощью местных сопротивлений, например, ста шариков диаметром  $a=5$  см, также уменьшает величину давления гидроудара.

Снижение гидравлического удара будет еще большим при использовании тормозящих элементов сложной формы.

Таким образом, использование способа позволяет снизить интенсивность гидравлических ударов на 10-50 и более в зависимости от факторов торможения. Такое снижение величины давления гидравлических ударов значительно уменьшит загрязнение призабойной зоны продуктивного пласта.

#### Список литературы:

1. Мосинец В.Н., Абрамов А.В. Разрушение трещиноватых и нарушенных горных пород. – М.: Недра, 1982.
2. В.Н. Мосинец, М.Н. Тедеев, Д.П. Лобанов и др. – Строительство и эксплуатация рудников подземного выщелачивания / М.: Недра, 1987.
3. Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. – М.: Недра, 1985.
4. Парфенова Н.К., Атакулов Т. Изоляция и укрепление пород при отработке месторождений способом подземного выщелачивания. – М.: ОНТИ, 1976.
5. Камбефор А. Инъекции грунтов: Пер. с фр. / Под ред. Р.Е. Казакова, В.Б. Хейфеца. – М.: Энергия, 1977.
6. Ржевский В.В., Арнс В.Ж., Дядькин Ю.Д. Гидроразрыв и его роль в горно-добывающих отраслях промышленности // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – М., 1986. – № 2. – С. 70.
7. Кошколда К.Н., Атакулов Т. Результаты экспериментальных работ по созданию механических завес методом гидроразрыва // Проблемы геотехнологии. – М.: Госгорхимпроект, 1983. – С. 138-141.
8. Лунев Л.И., Попов Н.Г. Классификация систем разработки месторождений полезных ископаемых выщелачиванием // Проблемы геотехнологии. – М.: Госгорхимпроект, 1983. – С. 101-107.
9. Патент РФ №2002044. Способ проведения взрывных работ в скважине / Неволин В.Г., Матыцев А.З., Опаев В.А., Балакиров Ю.А. // Зарегистрирован в патентном ведомстве РФ 30.10.93 г.

УДК 622.262

© Назаров З.С., Файзиев А. Х. 2014 г.

## ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВ РАСЧЕТА ОБЛЕГЧЕННЫХ ШТАНГОВЫХ КРЕПЛЕНИЙ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Назаров З.С., ведущий инженер горного бюро ЦНИЛ НГМК, канд. техн. наук; Файзиев А.Х., магистрант кафедры «Горное дело» НГГИ

*Maqolada shtangalar yordamida mustahkamlagich - kon jinsi tizimining mustahkamlik va qayishqoqlik xususiyatlariga ta'siri asoslangan. Shu bilan bir qatorda elastik deformatsiyalar va kon lahimi chegaralarining siljish qat'itligiga ta'siri ko'rib chiqilgan. Kon lahimlarini beton va shtangali mustahkamlagichlar yordamida mustahkamlashning qiyoslash hisobi keltirilgan. Shtangali mustahkamlagichlar qo'llanilganda kon lahimi konturining siljishi 1,8 barobar kamayishi aniqlangan.*

*Tayanch iboralar: shtanga, musrahkamlik va elastiklik xususiyatlar, deformatsiya, kon jinsining siljish chegarasi, hajmiy kuchlanish, lahim.*

*The possibility to influence on strength and elastic properties of rock-rock bolting system using rock boltings, and consequently on size of inelastic range and displacement of rock mine workings contour is reasoned in this article. Calculations of comparison of concrete support (with wide range of P reaction change) with rock bolting (with volumetric stress coefficient value) are made. It is found that displacement of rock mine workings contour is decreased by 1.8 and more when rock bolting is used.*

*Key words: rock bolting, strength and elastic properties, support, deformation, rock mine workings contour, volumetric stress, mine workings.*

В статье обоснована возможность с помощью штанг существенно воздействовать на прочностные и упругие свойства системы крепь – порода, а следовательно, на величину области неупругих деформаций и перемещений породного контура выработки. Проведены расчеты по сравнению бетонной крепи с широким диапазоном изменений реакции  $P$  и штанговой со значением коэффициента объемного напряжения. Установлено, при использовании штанг перемещение контура выработки уменьшается в 1,8 раза и более, что подтверждается расчетами.

Крепление штангами до образования зоны неупругих деформаций упрочняет породы приконтурной зоны, изменяя также и другие их свойства. Что объясняется наличием корреляционной связи между упрочнением породы и другими свойствами почти у всех горных пород [1]. В частности, имеется такая связь и между пределом прочности и модулем Юнга у пород с примерно одинаковым минеральным составом, которая выражается соотношением:

$$\sigma_{сж} = 0,001 \cdot a_1 \cdot E, \quad (1)$$

где  $a_1$  – коэффициент пропорциональности,  $a_1=2\div 6$ , например, для пород мартитовых роговиков, железистых кварцитов, аспидных сланцев и т.д. -  $a_1=2,2$  для пористых карбонатов -  $a_1=3,75$  [1].

Зависимость (1) действительна и для системы штанги - порода. Правомерность такого допущения по отношению к бетону и породам, находящимся в условиях объемного сжатия, устанавливается опытным путем.

Изменения свойств пород вокруг выработки с помощью штанг обычной длины охватывает приконтурную зону шириной равной, а иногда более ширины области неупругих деформаций.

Образование зоны неупругих деформаций при установке штанг сразу после выемки происходит в пределах системы крепь – порода, временное сопротивление которой и модуль упругости  $E_{кп}$ , что сказывается и на размерах зоны неупругих деформаций.

Перемещение контура круглой выработки с учетом развития области неупругих деформаций и проявления ползучести пород можно определить из формулы:

$$U_i = \frac{1}{2} 3^{\frac{m+1}{2}} \left( A \frac{\sigma_p \cdot ctg \eta}{2E} sh \zeta_L \right)^m \frac{r_L^2}{R_1}, \quad (2)$$

где  $E$  модуль упругости породы;

$A$  и  $m$  – постоянные ползучести, определяемые экспериментально [2].

Из выражений (1) и (2) видно, что имеются два производственных фактора, с помощью которых при обычных видах крепи можно влиять на процесс формирования и конечные размеры области неупругих деформаций, а также на величину перемещений контура выработки – размеры ее поперечного сечения и реакция крепи. Однако воз-

можности использования этих факторов ограничены. Размеры выработки определяются требованием производства и их изменение с целью уменьшения размеров области неупругих деформаций чаще всего неосуществимо. Увеличение несущей способности крепи тоже не всегда результативно, так как силы, действующие в массиве при выводе его из состояния равновесия во время проходки, очень велики.

В соответствии с выражением (1) имеется реальная возможность с помощью штанг существенно воздействовать на прочностные и упругие свойства системы крепь – порода, а, следовательно, как видно из (1) и (2), на величину области неупругих деформаций и перемещений породного контура выработки.

Определяем величину области неупругих деформаций и перемещения контура для выработок, диаметр которых и исходные условия приведены в табл. 1. При расчетах характеристики ползучести  $A$  и  $m$  принимаем по данным [3], установленным для некоторых типов пород, к примеру: для глинистых сланцев  $A=10-15$  и  $m=1,2-1,3$ ; для песчаных сланцев  $A=5-10$  и  $m=1,1-1,2$ ; для песчаников  $A=1,0-1,2$  и  $m=1,0-1,05$ .

Размеры зоны неупругих деформаций, перемещения контура выработки и модуль упругости системы штанги – порода определяются соответственно из (1), (2). Точное значение коэффициента  $a_1$ , учитывающего влияние штанговой крепи на упругие свойства системы крепь – порода пока не установлено. Приближенные его значения приняты такими же, как и у обычной породы, т. е. заштангованный массив рассматривается как однородная порода с более высоким пределом прочности и модулем упругости, определяемыми из (1).

Сравнивали бетонную крепь с широким диапазоном изменений реакции  $P$  и штанговую со значением коэффициента объемного напряжения, получаемыми при используемых стандартных паспортах крепления.

Из рис. 1, где представлены результаты расчетов, видно, что существенного снижения размеров области неупругих деформаций и перемещения контура выработки можно добиться только при использовании бетонных крепей с очень высокой несущей способностью (см. на рис. 1 кривые  $x$ ), т.е. обычно применяемая бетонная крепь, устанавливаемая до или в

Таблица 1

Исходные условия определения величины области неупругих деформаций и перемещения контура для выработок

Индекс условия	Характеристика породы (глинистые сланцы), $kg/cm^2$			Глубина от поверхности, м	Объемная масса породы, $t/m^3$	Диаметр выработки, м
	$E$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_p$			
I	$1,5 \times 10^5$	400	80	600	2,5	3,0
II	$1,5 \times 10^5$	200	40	600	2,5	3,0
III	$1,0 \times 10^5$	200	40	1000	2,6	2,7

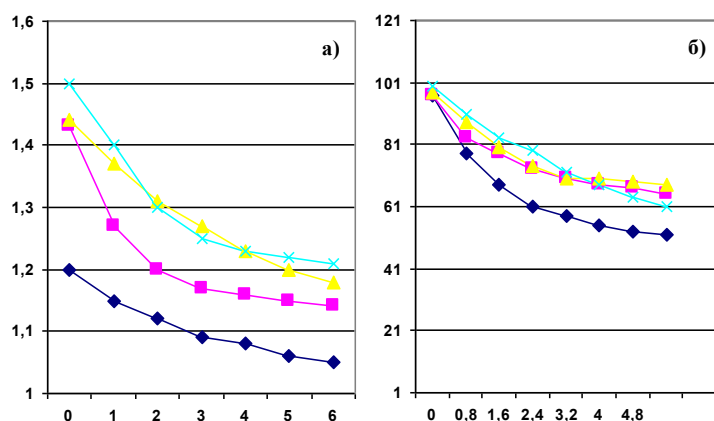


Рис. 1. Зависимость размеров области неупругих деформаций (а) и перемещений контура выработки (б) от параметров штанговой и несущей способности бетонной крепей

процессе развития зоны неупругих деформаций, хотя и испытывает большие нагрузки, но не оказывает значительного влияния на проявления горного давлe-

масса.

С помощью других известных нам методов такое сравнение выполнить нельзя.

**Список литературы:**

1. Ржевский В.В., Новик Г.Я. К вопросу о взаимной связи физических свойств горных пород. – В сб.: «Физико-механические свойства горных пород верхней части земной коры». М., «Наука», 1978 г.
2. Панов А.Д., Руппенейт К.В., Либерман Ю.М. Горное давление в очистных и подготовительных выработках. М., Госгортехиздат, 1975 г.
3. Либерман Ю.М. Давление на крепь капитальных выработок. М., «Наука», 1979 г.
4. Семейский В.М., Волжский О.В. и др. Штанговая крепь. М., «Недра», 1985 г.

УДК 622.233.3. 052

© Тошов Ж.Б., Ширинов А.А., Рахмонов С.Ю., Шукуров М.К., Худайкулов С.А. 2014 г.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ БУРЕНИИ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН

Тошов Ж.Б., ст. научный сотрудник-соискатель НГГИ, канд. техн. наук; Ширинов А.А., студент НГГИ; Рахмонов С.Ю., магистрант НГГИ; Шукуров М.К., магистрант НГГИ; Худайкулов С.А., магистрант НГГИ

*«Maqolada pog'onali yarim tekislikdan iborat tog' jinslarida kuchlanishni tarqalish masalasi ko'rilgan. Plastinkadan iborat keskich pichoqlari ta'sirida quduq zaboyi pog'onali ko'rinishni oladi. Ko'p hollarda burg'ulash asboblarning barcha xildagi burg'ulash keskichlari ta'sirida o'rta va qattiq qattqlikdagi tog' jinslarida ushbu yuza pog'ona ko'rinishiga keladi.*

*Tayanch iboralar: kuchlanish, deformatsiya, tog' jinsi, burg'ulash, jinslarni bo'laklash asbobi, quduq, bosim, emirilish.*

*The importance of choosing place and sizes of punch for subsequent influence on rock given known shearing angles of rock and depth of chipping is described in this article. This is essential in choosing optimal ratio of elements of 2 tools (cutting and rotary-impact tool) for combined drilling tool.*

*Key words: stress, deformation, mine rock, drilling, millable tool, well, pressure, destruction.*

В настоящее время на открытых горных работах наибольшее распространение получил шарошечный способ бурения. Согласно [1, 2] им выполняются до

80% всех объемов бурения взрывных скважин.

Сопротивляемость горных пород и механизм ее разрушения при бурении устанавливались при изуче-

нии напряженного и деформированного состояния горных пород под действием бурового инструмента с использованием методов теории упругости, поскольку большинство горных пород – хрупкие тела и имеют ограниченные пластические свойства.

Породоразрушающий инструмент является основным забойным механизмом, непосредственно разрушающим горную породу, а также формирующим форму забоя и ствол скважины. Разработка научных основ создания новых и совершенствование существующих породоразрушающих инструментов проводились путем исследования напряженно-деформированного состояния пород при воздействии на полуплоскости пуансонов различной конфигурации и путем исследования кинематики работы рабочих органов долота.

Процесс разрушения пород, происходит под воздействием штампа в реальных условиях, т.е. в условиях забоя скважины. Сущность его исследований заключается в том, что под пуансоном формируется конический объем, диаметр основания которого равен ширине пуансонов. Этот объем называется главным объемом давления. Формирование главных объемов считается первой деформацией, т.е. началом цикла разрушения, а отделение объемов скалывания – второй деформацией, т.е. завершением цикла [2]. Следовательно, в данном случае для отделения главного объема давления требуется большая по величине сила, чем в условиях, когда инструмент действует на свободную поверхность. Если разрушение происходит в естественных условиях, когда развитию деформаций препятствуют окружающие неразрушенные массы, либо в пределах зоны деформаций действуют другие внешние нагрузки, то количественная сторона объема скалываемой породы и внешнего необходимого усилия описанных явлений изменится.

Исследованиями также установлено, что эффективность разрушения и сила, необходимая для бурения скважин в горных породах, зависят от формы, размера породоразрушающего инструмента, режима бурения, свойств породы, а также степени ограничения пространства с боков породоразрушающего инструмента.

Наибольший интерес с точки зрения изучения механизма разрушения горных пород при действии плоского штампа представляется на границе полуплоскости [3].

Здесь выявлено напряжение при вдавливании штампа с равномерно распределенными нормальными и касательными нагрузками. Механизм разрушения горных пород при бурении можно правильно оценить по теории прочности Барзинского – Янга – Баладина, учитывающей влияние среднего по величине главного нормального напряжения и разносопротивляемость материала растяжению и сжатию.

Основы вопроса распределения напряжения в полуплоскости рассматриваются со ступенькой, с прямоугольными ступеньками, с полусферическими лунками разрушения, с коническими выемками и в зависимости от формы забоя.

Таблица 1

Данные о глубине  $t_{max}$  в области W в зависимости от расстояния l, м

l	$h_0$	2b	l/2b	h/2b
C=2				
0,0	2,67	6,80	0	0,39
2,0	2,30	4,71	0,427	0,49
4,0	2,19	4,64	0,86	0,47
6,0	2,14	4,28	1,40	0,5
C=4				
0,0	2,85	7,4	0	0,38
9,0	2,88	4,8	0,42	0,495
4,0	2,24	4,5	9,90	0,50
6,0	2,17	4,4	1,37	0,50

В данной работе рассмотрим вопросы распределения напряжения в полуплоскости со ступенькой (табл. 1-3, рис. 1, 2).

Известно, что поверхность забоя скважин, оставшаяся после разрушения его основными пластинками резца, ступенчатая. В породах средней крепости и крепких такая поверхность образуется во многих случаях после любого воздействия инструмента [4].

Исследуемую область W можно представить на рис. 1. Функция, отображающая эту область на полуплоскость Z, имеет вид:

$$W = Z + \ln Z, \quad (1)$$

$$Z = x + iy,$$

$$W = u + iv.$$

где

Значения координат оси симметрии штампа для области W приводятся в табл. 1. Вычисления проводились для случая, когда толщина ступеньки равна  $1/C$

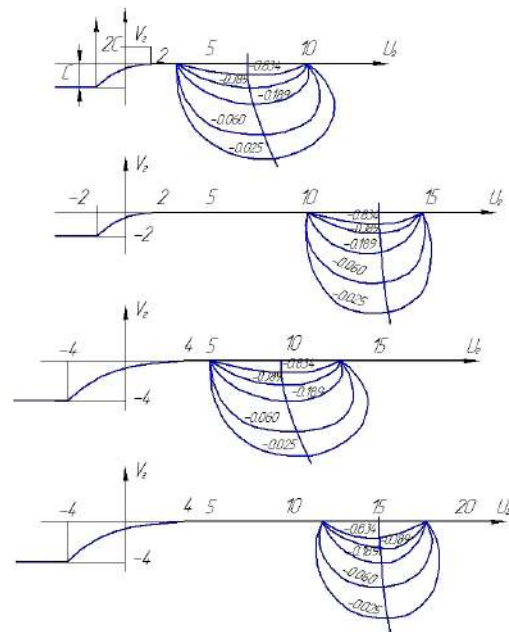
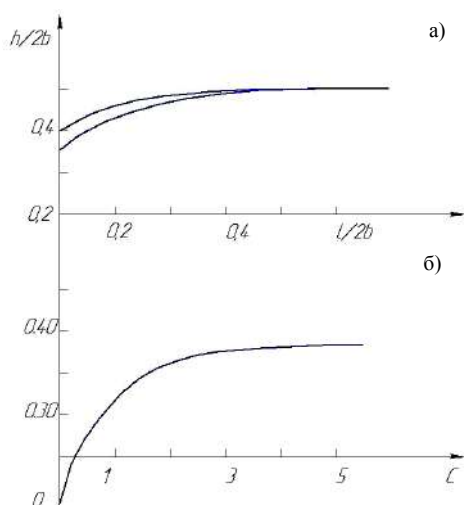


Рис. 1. Распределение напряжений в области циклоиды



**Рис. 2. Графики зависимостей:** а – изменение глубины возникновения  $\tau_{\max}$  и расстояние  $i$  области циклоиды; б – изменение интервала  $H$  в зависимости от радиуса циклоиды

(рис. 1), а расстояние между точками А и Д принято равным  $3/C$ . Для других случаев, отличающихся только линейными размерами ступеньки, можно воспользоваться результатами, изложенными в табл. 2, 3, где соответственно значениям  $l$  приводятся глубины  $h$ .

Построенные в области  $W$  (рис. 1) линии равных напряжений показывают, что при прочих равных условиях они существенно отличаются от таковых в полуплоскости. Напряжения под штампом в области  $W$  распределяются асимметрично оси штампа, в связи с чем деформация породы приобретает неоднородный характер. С удалением точки вдавливания штампа от лунки разрушения картина распределения напряжений непрерывно видоизменяется и стремится к распределению на полуплоскости. С удалением точки вдавливания штампа влияние лунки разрушения на распределение напряжений снижается.

Как видно из данных табл. 1 и рис. 1, при вдавливании штампа в области  $W$  (ступенчатой полуплоскости) максимальное касательное напряжение  $\tau_{\max}$  внутри тела возникает на меньшей глубине от поверхности, чем на полуплоскости. Они равны при условии, если вдавливание штампа происходит в бесконечности при конечных

размерах штампа. За пределами этих интервалов глубина  $\tau_{\max}$  в области  $W$  практически не отличается от глубины на полуплоскости. Если вдавливание проводится на полуплоскости, то ось симметрии штампа является нейтральной линией, где отсутствуют смещения материальных точек в направлении, перпендикулярном оси. Точка возникновения  $\tau_{\max}$  находится на оси симметрии штампа, а в области  $W$  смещена. Кроме того, ось симметрии штампа в области  $Z$  переходит в области  $W$  в кривую, центр кривизны которой находится в противоположной от лунки разрушения лунке относительно штампа. Радиус кривизны этой кривой, как и другие параметры, зависит от значения  $C$ ,  $2b$  и  $l$ .

Физическая сущность явления, описываемого этой кривой, заключается в следующем. При вдавливании штампа на границе полуплоскости элементарные частицы материала, расположенные симметрично относительно его оси, одинаково перемещаются от нее в противоположные стороны, а элементарные частицы, лежащие на оси штампа, остаются неподвижными в перпендикулярном от нее направлении.

**Таблица 3**

**Отображение точек оси симметрии штампа в области  $Z$  на область  $W$  (при  $C=4$ ),  $m$**

I	0		2		4		6	
	$u_0$	$v$	$u$	$v$	$u$	$v$	$u$	$v$
0,5	10,10	0,75	15,29	0,6	24,30	0,54	19,90	0,56
1,0	10,16	1,48	15,30	1,19	24,30	1,08	19,90	1,12
1,5	10,96	2,1785	15,32	1,79	24,31	1,63	19,91	1,08
2,0	10,37	2,85	15,34	2,38	24,31	2,17	19,92	2,24
2,5	10,48	3,49	15,37	2,97	24,32	2,71	19,93	2,09
3,0	10,68	4,12	15,41	3,55	24,33	3,25	19,95	3,35
3,4	10,72	4,60	15,44	4,02	24,33	3,66	19,96	3,79
4,64	10,98	6,04	15,53	5,43	24,34	5,02	19,99	5,16

Примечание:  $l$  - расстояние между штампом и точкой пересечения циклоиды с границей полуплоскости.

**Таблица 2**

**Отображение точек оси симметрии штампа в области  $Z$  на область  $W$  (при  $C=2$ ),  $m$**

I <sub>0</sub>	0		2		4		6	
	$u$	$v$	$u$	$v$	$u$	$v$	$u$	$v$
0,0	6,89	0	11,84	0	16,32	0	20,65	0
0,5	6,91	0,69	11,84	0,58	16,32	0,55	20,65	0,53
1,0	6,95	1,37	11,85	1,15	16,33	1,09	20,65	1,07
1,5	7,04	2,03	11,86	1,73	16,33	1,64	20,65	1,60
2,0	7,13	2,87	11,88	2,30	16,34	2,19	20,66	2,14
2,5	7,22	3,28	11,91	2,87	16,35	2,74	20,66	2,67
3,0	7,32	3,87	11,93	3,48	16,86	3,28	20,67	3,21
3,4	7,39	4,33	11,96	3,88	16,37	3,72	20,67	3,63
4,64	7,59	5,72	12,08	5,27	16,39	5,06	20,68	4,95

При вдавливании штампа на ступенчатой полуплоскости частицы материала, расположенные симметрично от оси штампа, перемещаются неодинаково, на стороне лунки разрушения перемещаются от оси штампа на большую величину, чем частицы, лежащие в другой стороне, из-за большей деформации. Вследствие противоположных направлений векторов этих деформаций существует между ними такая точка, при которой деформация равна нулю, а из-за неравенства по абсолютной величине векторов деформаций симметричных точек она не будет находиться на оси симметрии штампа и сместится в сторону от лунки разрушения. Семейство таких точек является непрерывной линией и границей двух областей (рис. 2). Следует отметить, что эта кривая однозначно соответствует оси симметрии штампа в полуплоскости  $Z$ .

Интервал существенного изменения  $H$   $[0, I_0]$  зависит от значений  $C$  (табл. 1-3). Исходя из этих данных, мы определили величины интервала  $H$  для значений  $C$ .

При  $C=1, 2, 4$  и  $5$  они равны соответственно  $0,26, 0,33, 0,39$  и  $0,40$ . Как установлено (рис. 2) для данной ширины штампа  $2b$  кривая резко возрастает от значения  $C=0$  до  $C=4$ . С дальнейшим ростом  $C$  она асимптотически приближается к оси абсцисс. Физическая сущность этого процесса такова.

Так как циклоида соединяется с верхней ограничивающей полуплоскостью прямой касательно, то с возрастанием  $C$  дуга циклоиды вблизи точки касания приближается к прямой, т.е. при  $C=\infty$  получается случай полу-

плоскости. По этой кривой можно судить об эффекте выкола, образованного предыдущими действиями инструмента. Это важно при выборе для комбинированного бурового инструмента оптимального соотношения элементов двух инструментов: режущего и вращательно-ударного.

Таким образом, при известных углах скальываемости породы и глубине выкола полезно не только выбрать место и размеры штампа для последующего воздействия на породу, но и управлять глубиной ступеньки.

**Список литературы:**

1. Мальгин О.К., Рубцов С.К., Шеметов П.А., Шлыков А.Г. Совершенствование технологических процессов буровзрывных скважин на открытых горных работах. Т. «Фан», 2003, – 200 с.
2. Остроушко И.Л. Разрушение пород при бурении. М., 1952. – 402 с.
3. Парийский Ю. М. К вопросу о разрушении горных пород при бурении. «Записки Ленинградского горного ин-та», т. 11, 1961.
4. Шамансуров И.И. Режимы вращательного бурения шпуров. Ташкент, ФАН, 1981. – 166 с.
5. Шеметов П.А., Нороев Ю.Д., Тошов Ж.Б. Повышение эффективности бурения взрывных скважин на карьерах. - Ташкент: Изд. «Фан», 2009. - 160 с.

УДК 622.771.4

© Бабаев З.К., Матчанов Ш.К., Авазязов Р.Ш., Аташев Э.А. 2014 г.

## ВОЗМОЖНОСТИ ОБОГАЩЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВАРЦ-ПОЛЕВОШПАТОВЫХ ПЕСКОВ

Бабаев З.К., доцент кафедры «Химические технологии» УрГУ, канд. техн. наук; Матчанов Ш.К., доцент кафедры «Химические технологии» УрГУ, канд. техн. наук; Авазязов Р.Ш., ассистент кафедры «Химические технологии» УрГУ; Аташев Э.А. магистрант УрГУ

*Maqolada dalashpatli kvars qumlarini tarkibiy tahlilidan kelib chiqib boyitish usullarini qo'llashga oid ma'lumotlar keltirilgan. Yangiariq kvars qumini boyitish imkoni mavjudligi asoslab berilgan. Olingan ma'lumotlar mexanik ishqalash va flotatsion ishqalash usullarini qo'llash hisobiga kondan olingan namunalarni boyitib ulardan oq shaffof shisha olish imkoni mavjudligini ko'rsatdi.*

*Tayanich iboralar: boyitish, kon, dalashpatli kvars qumlari, mineralogik tarkib, ishqalash, flotatsiya, flotoishqalash, oq shaffof shisha.*

*Basic information about unenriched feldspar quartz sand of Yangiariq deposit is presented in this article. Unenriched feldspar quartz sand may be used in the production of green glass. The possibility of enrichment of Yangiariq quartz sand is reasoned. Semiwhite glass can be produced after enrichment by mechanical and flotation attritioning.*

*Key words: enrichment, deposit, feldspar quartz sand, mineral composition, attritioning, flotation, flotation attritioning, semiwhite glass.*

Работа предприятий в современных условиях требует создания конкурентоспособной продукции как на внутренних, так и на зарубежных рынках. Поэтому разработка системы управления качеством продукции, выход ее по требованиям к качеству изделий на уровень международных стандартов является первоочередной задачей.

В производстве промышленных стекол применяют кварцевые пески, которые являются продуктом

разрушающейся горной породы, состоят в основном из зерен кварца и обычно содержат различные примеси. Примеси в песке бывают механические (зерна других минералов, включения в кварцевое зерно и др.) и химические (твердые растворы с кварцем, плёнки и др.). Все примеси могут быть разделены на две группы: вредные – оксиды железа, хрома, титана, марганца, ванадия и др. и невредные – оксиды алюминия, кальция, магния, калия, натрия и др. Первые

придают стеклу нежелательную окраску, вторые обычно входят в состав промышленных стёкол и требуют только учёта при расчёте состава шихты. Известно [1], что оксиды железа и хрома являются вредными примесями в сырье и регламентируются в марках песков, доломите, меле, поташе. Для ряда составов сортовых обесцвеченных стекол и хрусталя фактическое содержание красящих примесей железа находится в пределах 0,023-0,040%. Такое количество и широкий диапазон связаны с непостоянством содержания примесей в песках и карбонатном сырье (меле, доломите). Значительные содержания глины, полевых шпатов, а также окислов железа не позволяют направлять его в производство без предварительного обогащения.

Ряд стекольных заводов республики используют для своих нужд привозной кварцевый песок. Потребность стекольной промышленности в кварцевом песке может быть полностью удовлетворена за счет использования разведанных запасов местных месторождений. Однако неравномерность размещения месторождений, ограниченные запасы высококачественного природного сырья, а также задержка в освоении новых месторождений приводят к необходимости использования сырья низкого качества, зачастую из карьеров, находящихся на большом расстоянии от потребителей. Значительная стоимость транспортировки кварцевого сырья в отдаленные регионы и возрастающая потребность в сырье вынуждают предприятия искать альтернативные источники снабжения своего производства качественным сырьем.

На территории Республики Узбекистан в результате поисковых и геологоразведочных работ [2-3] выявлены многочисленные месторождения кварцевого сырья, большинство из которых детально не изучены. Наиболее изученными являются кварц-

полевошпатовые пески Азатбашского месторождения, расположенного в Ташкентской области [4]. Основными породообразующими минералами в них являются кварц (74-78%), микроклин и плагиоклаз. К наиболее крупным месторождениям кварц-полевошпатовых песков можно отнести Керим-Навокские пески, расположенные в Бухарской области, выход продуктов обогащения которых в расчёте на основные компоненты согласно [4] следующий (в масс. %):  $\text{SiO}_2$  – 98,00;  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,21;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,17, а также пески Джеройского месторождения, расположенного в Навоийской области, у которых массовая доля (в %):  $\text{SiO}_2$  – 97,86;  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  – 0,73;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,14.

К перспективным заменителям кварца относятся кварц-полевошпатовые пески Керменинского месторождения, расположенного в Навоийской области. Изучив его химический и минералогический состав авторы [5] установили, что исследуемый материал после обогащения является весьма ценным сырьем и содержит (в масс. %) 84-88%  $\text{SiO}_2$  и 12-15% полевого шпата.

По данным геологической разведки [6] кварц-полевошпатовые пески Чиялинского месторождения, расположенного в Кашкадарьинской области, по своим перспективным запасам в 38 млн. т также относятся к числу крупных. К малоизученным, с точки зрения сырья для стекольной промышленности, источникам кварцевого сырья можно отнести кварц-полевошпатовые пески Илансайского месторождения, расположенного в Самаркандской области [6].

Использование местного, в частности, кварцевого сырья, для производства хрустальных изделий и сортовой посуды в Средней Азии имеет большое значение. В республике выявлено и изучено 96 месторождений кварцевого и кварц-полевошпатового сырья [7]. Качество кварцевых песков

многих месторождений Узбекистана не отвечает требованиям ГОСТов, предъявляемым к кварцевому сырью. Использование в стекловарении кварцевых песков с повышенным содержанием красящих оксидов не стабильных по химическому и гранулометрическому составам, приводит к снижению качества продукции и увеличению расхода топлива. В связи с этим актуальным является разработка технологии обогащения кварцевых песков и получения стекол на их основе.

В наших исследованиях были апробированы возможности обогащения кварц-полевошпатовых песков Янгиарыкского месторождения и разработаны технологии получения тарных стекол на их

Таблица 1

**Минералогический состав и возможные методы обогащения кварц-полевошпатовых песков Янгиарыкского месторождения**

Минерал	Формула минерала	Сод. мас., %	Плотность, $\text{kg/m}^3$	Возможные методы обогащения
Кварц	$\text{SiO}_2$	до 86,0	2651	-
Мусковит	$\text{KAl}_2(\text{OH})_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$	3,0-5,0	2800	Флотация, флотооттирка
Биотит	$\text{K}(\text{Mg,Fe})(\text{OH})_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$	0,2- 0,8	2790	Флотация, флотооттирка, электростатическая сепарация
Сфен	$\text{CaTiSiO}_5$	$\text{He} > 0,3$	3400	Флотация, гидроклассификация
Хлорит	$(\text{Fe,Mg})_4(\text{Al,Fe})_2(\text{OH}) [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$	0,21-0,8	3600	Флотация
Кальцит	$\text{CaCO}_3$	0,4-0,61	2720	Механическая оттирка, химическая обработка, электростатическая сепарация
Ортаклаз	$\text{K} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	0,1-1,29	2550	
Гетит	$\text{FeO}(\text{OH}), \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,98-2,0	4140	

основе. Янгиарыкское месторождение кварц-полевошпатовых песков расположено в Хорезмской области в 10 км к северо-западу от центра Янгиарыкского района. Для исследования вещественного состава были отобраны серии проб, представляющие различные горизонты. Всего отобрано 20 проб, характеризующих различные участки месторождения. Каждая проба является средней, она составлена из 5-6 единичных проб массой 5-10 кг, отобранных по поперечному сечению карты. Материал единичных проб усреднялся перемешиванием и делился квартованием до получения средней пробы. По содержанию оксида кремния их можно отнести к стекольным пескам. Количество красящих оксидов находилось в пределах 1,59% и обеспечивалось в основном за счет оксида железа. На основании минералогического состава песка была произведена теоретическая проработка определения возможных методов обогащения исходного сырья (табл. 1).

Анализ показал, что наиболее эффективными методами обогащения для кварц-полевошпатовых песков данного месторождения являются механическая оттирка, флотация и флотооттирка. В лабораторных условиях для удаления свободных примесей, пленки оксидов железа и отделения песчаной пыли использовалась установка для механической оттирки. Для удаления легких ожелезненных минералов (полевой шпат, железосодержащие слюды) и тяжелых примесей применялась флотооттирка. Механическую оттирку проводили на лабораторной установке, состоящей из емкости для водо-песчаной смеси и пропеллера из нержавеющей стали. Скорость вращения пропеллера 500-700 об/мин. Для более эффективного проведения процесса обогащения водо-песчаную смесь готовили при соотношении песка и воды 2:3 соответственно. Время обогащения составляло 30 мин. Для осуществления процесса флотации готовили пульпу, содержащую: флотационные реагент – триэтаноламиновый сульфат, для образования пены, кварц-полевошпатовых песков и очищенную воду. В процессе обогащения гидрофобные примеси прилипали к пузырькам пены и поднимались на поверхность. Пена снималась пенообразователем вместе с

**Таблица 2**

<b>Оптические характеристики образцов</b>				
<b>Свойства образцов</b>	<b>Составы*</b>			
	<b>ТС</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Общее светопропускание T, %	87,5	64,5	84,8	84,2
Пропускание в видимой области спектра (400 – 700 нм) T <sub>v</sub> , % для T <sub>s40</sub>	89,0	68,0	81,4	85,0

\* – ТС – промышленное полубелое тарное стекло; 1 – состав на основе необогащенного песка; 2 – состав на основе обогащенного песка методом механической оттирки; 3 – состав на основе обогащенного песка методом флотооттирки.

примесями, а очищенный песок промывали и сушили. С помощью оттирки и последующей флотацией возможно удаление до 80% оксидов железа. При этом эффективность флотации оттертых песков выше по сравнению с исходным песком.

Для составления шихты стекла тарного состава использовали традиционные сырьевые материалы (кальцинированная сода, известняк, доломит, сульфат натрия). Для введения оксида кремния применялись как необогащенные, так и обогащенные различными методами кварц-полевошпатовые пески. Варку шихты осуществляли в силитовой лабораторной печи при температуре 1450 °С с выдержкой при данной температуре 1 h. Сваренную стекломассу выливали в специальные формы в виде лепешек и отжигали в муфельной печи при температуре 560°С в течение 8 h. Хорошо отожженные стекла подвергали шлифовке и полировке набором шлифовальных порошков для получения плоскопараллельной поверхности и прозрачности. Толщина исследуемых образцов составляла 1,5 см. Подготовленные образцы исследовали на ряд оптических свойств (табл. 2).

Таким образом, необогащенные кварц-полевошпатовые пески Янгиарыкского месторождения могут быть использованы без обогащения в производстве зеленой стеклотары. После обогащения механической оттиркой и флотооттиркой возможно получение полубелого стекла.

**Список литературы:**

1. Федорова В.А., Белова Н.А. Сырьевые материалы и качество изделий// *Стекло и керамика*. 1987 №7 с.9-10
2. Кузовлев А.К., Ибадуллаев С.И., Гобелко А.Б., Калинин Б.И. Экономическая эффективность комплексного обогащения кварц-полевошпатовых песков Керменинского месторождения// *Стекло и керамика*. 1975 №12 с.28-30.
3. Кузовлев А.К., Ибадуллаев С.И. и др. Обогащение кварцевых пород месторождений Узбекистана для производства хрусталя // *Стекло и керамика*. 1975 №4 с. 12 –15.
4. Каримов М.Ю. и др. Служебная информация к отчету по теме: Геолого-экономическая оценка месторождений кварцевых песков для стекольной, литейной, керамической и абразивной промышленности УзССР и соседних республик. Ташкент: МинГеоУзССР. 1966 с. 186
5. Эминов А.М. Исследование возможности использования комплексного кварц-полевошпатового сырья Керменинского месторождения в производстве хозяйственного фарфора. Автореф. дисс. канд. тех.наук Ташкент ТашПИ им.Беруни. 1979 с 18.
6. Закиров М.З., Гафурджанов С.Г. Кварцевые и кварц-полевошпатовые пески Узбекистана. Ташкент, Изд-во Фан. 1983. с 94.
7. Исмаилов А.А., Юнусов М.Ю., Максудов Д.И. Полевошпатовое сырьё Средней Азии для производства фарфора. М. Лег-промбытиздат. 1988 с 136.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗАЛЬТОВЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ УЗБЕКИСТАНА

Курбанов А.А., доцент кафедры «Металлургия» НГГИ, канд. техн. наук.

*Maqolada past sifatli bazal'tdan tashkil topgan foydali qazilma konlarini ishga tushurish va o'zlashtirish bilan bog'liq masalalar ko'rilgan. Unda ekologik toza va import o'rnini bosadigan maxsulotlar hxisobidan yangi ishlab chiqarish tarmog'ini tashkil etish; bazal't qayta ishlovchi tarmoqlarning ishlab chiqarish quvvatini oshirish; yangi ish o'rinlarini ochish hisobidan mamlakat iqtisodiy rivojlanishini ta'minlash ko'rsatilgan.*

*Tayanch iboralar: bazal't zaxiralari, ishlab chiqarish va ularni o'zlashtirish, turli xil assortimentlar, import o'rnini bosuvchi maxsulot.*

*Issues of development and involvement of low-grade basalt reserves into production are considered in this article. These will allow starting up infant industry based on the production of wide range of ecologically clean and import-substituting products; maximizing production capacity of basalt processing plants; creating additional employment which promotes economic development of the country.*

*Key words: basalt reserves, development and production, production, wide range, import-substituting products.*

Потребность народного хозяйства Республики Узбекистан в материалах из местного сырья во многом определяется широким применением композиционных и огнеупорных материалов на основе стеклообразных, углеродных и керамических веществ, а также других заменителей. Хотя не все вышеперечисленные материалы производятся в нашей республике, изделия из них широко используются в бытовой технике, автомобилестроении, самолетостроении, промышленности и т. д. Следует также отметить, что производство большинства этих материалов является опасным и вредным как для природы, так и для людей. В связи с этим, в XX веке учёными ряда стран предложен экологически чистый и не вредный для здоровья человека материал, получаемый из горной породы – базальт. Достигнутые учеными и специалистами результаты по использованию базальтов давно и успешно применяются на практике. В настоящее время доказана возможность получения разного рода ценных материалов, которые имеют большое значение для человечества [1].

Узбекистан располагает богатыми базальтовыми природными ресурсами. Общий известный на сегодняшний день сырьевой запас страны составляет более 150 млн. м<sup>3</sup>, который расположен в основном на территориях Навоийской, Джизакской, Ташкентской и Наманганской областях.

В Узбекистане добычей и переработкой базальтов занимаются более десяти негосударственных базальтоперерабатывающих предприятий, которые специализированы исключительно для изготовления теплоизоляционных и утеплительных материалов. Предъявляемые к этим материалам требования по основным критериям качества, таким как огнеупорность и пожарная безопасность, температуроустойчивость, кислотоустойчивость, отсутствие газовыделения при нагреве, низкая плот-

ность и долговечность в условиях переменных тепловых и климатических нагрузок и т. д. должны соответствовать современным стандартам [1].

Однако переработка базальтов в нашей стране сопровождается различными трудностями, связанными с химическим минералогическим составом базальтов, а также высоким содержанием в почве, где расположены базальтовые месторождения солей, таких как: NaCl, KCl, CaCl, CaO<sub>3</sub> и т. д. (далее шламов). Содержание таких шламов создает дополнительный пор в «базальтовой вате», который впоследствии вызывает высокую гигроскопичность, создает коррозию на рабочих поверхностях оборудования, сокращая их срок службы и снижая качество продукции. Если базальтовые породы Среднеатлантического, Африкано-Антарктического и Америано-Антарктического хребтов долго находясь в геодинамической обстановке образования, прошли естественный процесс обогащения, то базальты Средней Азии после океанических, вулканических извержений остались на суше, что повлияло на их состав и свойство [2-3].

Проблема изучения вещественного состава и свойств базальтовой породы и ее использование в производстве для удовлетворения потребности внутреннего рынка и получения кондиционной продукции различного ассортимента представляет большой интерес для выпуска импортозамещающих изделий. Производство базальтовой продукции по сегодняшним требованиям основывается на: детальном изучении химических, физико-механических свойств, исследовании методов очистки и магнитного обогащения базальтов, типизации породы базальтовых месторождений. Перечисленные работы должны сопровождаться разработкой научно-обоснованных способов переработки базальтов и, тем самым, расширением ассортимента продукции, повы-

шением эффективности работы базальтоперерабатывающих предприятий. Актуальность решения этих задач обусловлена ростом потребностей на базальтовые продукции, имеющие устойчивый спрос не только в нашей стране, но и на международном рынке.

Анализ процессов добычи и транспортировки базальтовой породы по Узбекистану показал, что все базальтоперерабатывающие предприятия республики расположены далеко от месторождений. В некоторых случаях данное расстояние достигает 600 km и больше, что повышает расходы на транспортировку сырья и влияет на повышение себестоимости конечной продукции.

В природе Узбекистана базальтовые породы встречаются в виде отдельных кусков, средний размер которых колеблется в пределах 250-300 mm, и расположены они в основном не на большой глубине, так как базальты образуют поверхностную, твердую оболочку земли. Поэтому в «Айдаркульской», «Асмансайской» и «Гавасайской» месторождениях базальты добывают открытым способом.

Для эффективного использования базальтовых месторождений и увеличения объема добычи базальтовых пород возможно применение усовершенствованных методов переработки базальтов, которые повысят качество изделий, будут способствовать экономическому развитию базальтоперерабатывающих предприятий республики. С этой целью изучение и анализ информации технической литературы, линии интернет, патентных источников и современного состояния технологии базальтоперерабатывающих предприятий Узбекистана предполагает осуществление ряда мероприятий:

- проведение научно-технического обоснования современного состояния технологии базальтоперерабатывающих предприятий Узбекистана;
- исследование способов переработки базальтов на основе комплексного изучения их химических, физико-механических свойств и химико-минералогического состава с получением кондиционной продукции;
- разработка высокоэффективной технологии обогащения базальтов.

Для осуществления вышеизложенного выполнены следующие научно-исследовательские работы:

- ◆ исследовано:
  - современное состояние вопроса теории и практики по переработке базальтов, изучены существующие методы добычи, обогащения и переработки базальтовой породы;
- ◆ изучены:
  - химико-минералогический состав и свойства базальтов месторождений Узбекистана;
  - процессы очистки базальтовой породы от шламов и методы обогащения;
- ◆ разработаны:
  - эффективные технологические параметры переработки базальтовой породы;
  - технологии получения различного ассортимента конкурентоспособной продукции из местных базальтов, имеющей большой спрос как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Для решения вышеизложенных задач были взяты по 15 проб базальтовой породы из «Айдаркульского» и «Асмансайского» месторождений. Выполнены комплексные исследования химических, физико-механических свойств и химико-минералогического состава базальтовых пород «Айдаркульского», «Асмансайского» и «Гавасайского» месторождений. Выбор перечисленных базальтовых месторождений аргументировался тем, что они сегодня являются основной сырьевой базой для базальтоперерабатывающих предприятий страны. В данном случае в качестве информации химико-минералогического состава базальтовой породы «Гавасайского» месторождения были использованы данные научного центра (при ТашГТУ) «Композит». В результате проведенных работ достигнуто получение качественной продукции путем типизации исходных базальтов с последующей селективной сортировкой их по геотехнологическим типам с использованием различных методов очистки, обогащения (промывка, грохочение, диффузионный обжиг и магнитная сепарация).

Проведенные, исследования ряда лет показали, что:

- в составе базальта «Айдаркульского» месторождения содержание  $\text{SiO}_2$  на некоторых образцах достигают до 62%, против - 53% или 60% в других базальтовых месторождениях мира,  $\text{MgO}$  до 10% против - 20%,  $\text{CaO}$  2% против - 9% или 11%,  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  3,25% против - 9,3% или суммы  $\text{Fe}_2\text{O}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1,59% против - 5,23%;
- обнаружено заметное высокое содержание химических элементов таких, как:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в составе базальтовой породы «Айдаркульского» и «Асмансайского» месторождений. Выявлено (в % соотношении) в меньшем количестве присутствие компонентов таких, как:  $\text{MnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$  у базальтов «Айдаркульского» месторождения, чем у «Асмансайского». Помимо вышеизложенного в базальте «Асмансайского» месторождения в отличие от «Айдаркульского» и «Гавасайского» обнаружено  $\text{P}_2\text{O}_5$ . При этом в отличие от химического состава базальтов «Айдаркульского» и «Асмансайского» месторождения было выявлено отсутствие в составе «Гавасайского» базальта  $\text{MnO}_2$ ;
- базальты «Айдаркульского» месторождения в среднем содержат  $\text{SiO}_2$  в пределах 43,7-59,9%, в свою очередь базальты «Асмансайского» месторождения 45,7-53,3% и «Гавасайского» 27,5-45,7%. Тем самым, подтверждено содержание  $\text{SiO}_2$ , которое непосредственно влияет на температуру плавления. Выявлено, чтобы обеспечить высокое литейное свойство базальтов в составе содержание  $\text{SiO}_2$  не должно превышать 50%,  $\text{TiO}_2$  - 0,5-1,5%,  $\text{MgO}$  - 12%,  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$  - более 8%,  $\text{CaO}$  - до 16% и  $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$  - 6%. Такие базальтовые породы больше подходят для петругического производства, где можно производить детали изделий литьевым способом;
- базальтовые породы со следующим содержанием химических элементов (% по весам):  $\text{SiO}_2$  43-47%  $\text{MgO}$

до 7%,  $A_2O_3$  до 20%, CaO до 10% и  $(K_2O + Na_2O)$  не более 3,5% могут быть использованы для изготовления теплоизоляционных материалов. Установлено, что содержание в составе базальта  $FeO + Fe_2O_3$  и  $TiO_2$  не влияет на качество теплопроводности базальтоволоконистых материалов. Эти показатели свойственны для базальтов всех трех рассматриваемых «Айдаркульского», «Асмансайского» и «Гавасайского» месторождений. Помимо этого, в результате исследования выявлено, что влажность, гигроскопичность и влагоотдача могут являться важнейшими свойственными показателями базальтов, которые влияют на: электропроводимость, стойкость против коррозии, огнеупорность, температуру плавления, физико-химические и механические свойства, играющие немаловажную роль при определении назначения и расширения ассортимента выпускаемой продукции. Экспериментально установлено, что высокое содержание в составе базальтов более 50%  $SiO_2$  способствует снижению вязкости, литейного свойства расплава и повышает токопроводимость, но при этом снижает твердость самой породы. Поэтому представляет практический интерес использования базальтов «Айдаркульского» месторождения для изготовления кислото – щелочных плиток, работающих в агрессивных средах. Выявлено, что содержания  $SiO_2$  в таких базальтах достигает до 60%, а  $TiO_2$  до 3%, которые легко поддаются дроблению и измельчению.

Эксперименты показали, что одним из критериев, оценивающих химические свойства базальтов, являются их кислотоустойчивость и устойчивость в агрессивных средах. Проведенные экспериментальные исследования по определению кислотоустойчивости базальтов показывают, что наблюдается заметное влияние со стороны соляной кислоты на базальт. Данный показатель особенно был замечен у базальтов «Айдаркульского» месторождения. Меньше всех оказала влияние на базальт серная кислота. Чаще всего данное явление было обнаружено у базальтов «Гавасайского» месторождения. Во всех случаях на базальты оказывала сильное воздействие разбавленная кислота, чем концентрированная, которая возникает в результате воздействия излишних ионов на разбавленные кислоты, которые, стараясь создать дополнительные ионные соединения при растворении базальта, пытаются изменить структуру минерала.

В целом выявлено, что процесс переработки и температура плавления базальтов должны основываться на следующих факторах: химико-минералогическом составе, который в основном состоит из процентного содержания в породе: оливина, пироксена и плагиоклаза, физико-механических и химических свойствах породы, а также условия образования месторождения, связанного с засоленностью почвы. Исследования физико-химических свойств базальтов Узбекистана показали положительные критерии экономической эффективности использования базальтовой продукции на практике и хорошие перспективы, открывающие широкие возможности для создания новой, кислото-

щелочностойкой, диэлектрической, высокотемпературной, теплоизоляционной и дешевой продукции [1].

Таким образом, установлено, что, несмотря на низкое содержание ценных компонентов, базальты нашей страны представляют огромный сырьевой запас и практический интерес вовлечения их в производства. Вовлечение бедных базальтов в производство, их освоение позволяет: создать новую отрасль промышленности на основе выпуска различного ассортимента экологически чистой и импортозамещающей продукции; повысить производственную мощь базальтоперерабатывающих предприятий; создать дополнительные рабочие места.

Анализ технологических процессов базальтоперерабатывающих предприятий показывает на отсутствие сортировки базальтовой породы. Не создана информационная база о влиянии различных факторов, таких, как: зерновой состав, форма зерен породы, содержание в базальте пылевидных и глинистых частиц на качество теплоизоляционных материалов. Не изучены возможности обогащения базальтов, их селективной типизации на основе критерийного значения факторов, определяющих свойств базальтовых изделий.

В данном случае представляет практический интерес изучение и, в первую очередь, удаления засоленной части базальтов, которая состоит из шламов. Исследование информации засоленности почвы и присутствия шламов на породах показали, что по данным Госкомприроды Узбекистана степень засоленности тех земель, где расположены крупные запасы базальтовых месторождений, высокая. Для исследования влияния солей на качество работоспособности и долговечности базальтовых теплоизоляционных материалов были проведены наблюдения за состоянием базальтоперерабатывающих оборудований и трубопроводов г. Навои, на которых были намотаны «базальтовые ваты». Наблюдения проводилась в течение 15 лет. Каждые три года изучали величину слоя коррозии поверхности исполнительных рабочих органов оборудования предприятия и магистральных труб. При этом учитывали относительную влажность воздуха в прилегающем районе данной области, города. Результаты наблюдения показали, что при относительной влажности воздуха прилегающего района 68-90% в течение 12 лет толщина слоя коррозии на исполнительных рабочих органах оборудования повысилась от 0,33-0,4 мм до 1,5-2,3 мм (при 50 мм толщины изоляционной «базальтовой ваты») на магистральных трубопроводах.

Для выбора оптимального метода избавления базальтовой породы из шламов проведено ряд исследований, связанных с процессом очистки базальтов от примесей. В этом плане выявлено преимущество механического метода очистки базальтов с наименьшими производственными затратами. Очистка базальтов и получение чистого базальта позволяют предохранить базальтоперерабатывающее оборудование от преждевременной коррозии. Выявлено, что качественный продукт в данном случае можно получить из чистого базальта.

В результате проведенные исследования позволили:

- разработать оптимальную технологию получения очищенной «базальтовой ваты»;
- выявить критерии типизации базальтовой породы, способствующие расширению ассортимента продукции, что явилось основой комплексного исследования химических, физико-механических свойств базальтов;
- произвести выбор оптимальных технологических параметров обогащения и сортировки базальтов (измельчение, грохочение, термодиффузионный обжиг, магнитная сепарация) по их геотехнологическим типам, а также основных технологических параметров плавления и тягучести расплавленных базальтов;
- разработать рекомендации проведения в дальнейшем углубленных исследований для выявления приемлемости перспективных, новых методов обогащения базальтовой горной породы;
- установить возможность извлечения Fe из измельченной базальтовой породы путем диффузионного обжига, позволяющего понижать электрическую проницаемость и повысить изоляционные свойства изготавливаемых опорно-аппаратных изоляторов различного потенциала для электротехнической промышленности;
- разработать технологию получения кислотоустойчивой плитки для использования ее в высокоагрессивных средах;
- анализировать процессы гомогенизации пульпы и фильтрации газов через базальтовые фильтры, и на их основе разработать технологию изготовления фильтров для разделения фаз в горно-металлургической промышленности;

- разработать технологию получения изделий медицинского назначения из «базальтовой ваты» и оценить их лечебные свойства.

В целом выявлены новые технологии переработки базальтовой породы и достигнуты новые направления использования различных изделий, выпускаемых на основе базальтовых пород Узбекистана. Становится очевидным конкурентоспособность базальтовой продукции с другими промышленными изделиями, такими как: металлические трубы, искусственные и синтетические материалы, бумага, металлические опоры и т. д., где базальт намного и выгодно отличается своей стойкостью против коррозии и диэлектрическими свойствами, щелочностойкостью и кислотоустойчивостью, экологической чистотой, удобностью использования, долговечностью и простотой переработки. Социальный эффект от апробирования разработанного газоочистительного фильтрующего материала виден за счет увеличения степени очистки отходящих газов от пыли-содержащих: CO<sub>2</sub>; SO<sub>2</sub>; MnO; SiO<sub>2</sub> и т.д. до 95-97% (дополнительно на 5-6%) и, следовательно, уменьшения в 2,0 - 3,5 раза сбрасываемого количества пыли в атмосферу.

Следовательно, перспективным направлением по использованию базальтовых сырьевых ресурсов Узбекистана является дальнейшее исследование и расширение производственного потенциала данной отрасли на основе существующих базальтоперерабатывающих предприятий.

#### Список литературы:

1. Курбанов А.А., Абдурахмонов С.А. и Тураев А.С. Основы переработки базальтов Кызылкума. Монография. Изд. «Фан» АН РУз. 2010 г., с 167.
2. Пейве А.А., Сколотнев С.Г. Особенности вулканизма и геодинамика области тройного сочленения Буве (по составам базальтов) // Российский журнал «Наука о Земле» 2001. Т.3. № 1.
3. Сафоева И.Ю. Геодинамические обстановки формирования венд-палеозойских базальтов палео-азиатского океана из складчатых областей горного Алтая и Восточного Казахстана. Автореферат диссер. на соис. ученой степени к.гео-мин.н.Новосибирск., Институт геологии Сибирского отделения Российской Академии наук. 2005

УДК 502.7:55

© Образцов А.И. 2014 г.

## МАТЕМАТИКА В ГЕОЛОГИИ И ГОРНОМ ДЕЛЕ

Образцов А.И. (Тульский государственный университет)

*Geologiya va konchilik fanlaridagi qonuniyatlarni o'rganuvchi matematik apparatlardagi yuz beradigan ziddiyatlar va qiyinchiliklar muhokama qilingan.*

*Tayanch iboralar: qonuniyatlarni matematik izohlash, geologiya, konchilik ishi.*

*Contradictions and difficulties of using mathematical description of patterns in geology and mining sciences are discussed.*

*Key words: mathematical description of patterns, geology, mining.*

Любое изучение природы - взаимодействие объекта и субъекта. В этом диалектическом процессе сталкиваются сложность и неоднозначность объекта с противоречивостью, односторонностью, пристрастностью исследователя с его эмоциями и предпочтениями, чаще всего не имеющими никакого отношения к свойствам объекта.

В научных исследованиях и практической работе это важное обстоятельство почти никогда не учитывают. Поэтому в поисках достоверной информации зерна истины в статьях, отчетах, диссертационных работах приходится с большим трудом пробираться через субъективные наслоения и ловушки ошибочных версий. Трудности дополнительно возросли в последние десятилетия в связи с усиленным использованием математического аппарата в работах по горному делу и геологии, некоторым другим наукам.

Сложно определить, чем руководствуются авторы, без необходимости и основания приводя уравнения, не опирающиеся на бесспорную аксиоматику самого общего вида или символические, типа  $N = f(x, y)$ . Часто при этом функция от  $x$  может иметь один вид, а от  $y$  - другой, в то время как зависимость от двух переменных не имеет известного решения.

Нельзя не согласиться с меткостью и справедливостью выражения: «Наука начинается там, где появляется число и мера», а значит - измерения и обоснованный математический аппарат. Ясно, что в естественных науках нужно использовать математику, но не математический «туман» для создания определенного имиджа у читателя непрофессионала. Поэтому сообщество специалистов-горняков или геологов должно различать математические пути решения формализованных специальных проблем от имитаций, поставить перед ними заслон. Эта задача и послужила побудительным мотивом для написания настоящей статьи.

Такого рода противоречия возникли не впервые. Над ними задумывались крупнейшие специалисты в математике и геологии. Живая, плодотворная математика возникает не из упражнений с абстрактными соотношениями, а из потребности описать некое реальное явление или процесс математическими уравнениями. Точнее, не сам процесс, а выраженное в численной форме изменение некоторого параметра на оси времени или пространства и др. «Только те изыскания имеют цену, которые вызываются практическими приложениями, и только те теории действительно полезны, которые вытекают из рассмотрения частных случаев» [1].

К сожалению, это положение на практике систематически нарушается. Использовать математическую терминологию, прикрываться ею стало модой. Такие авторы, по-видимому, полагают, что это придает работам наукообразия и доказатель-

ность, производит впечатление на неспециалистов, но «след в науке» ими уже оставлен.

Отрицательные и положительные стороны математизации геологии в 1960 - 1970 гг. проанализированы А.Б. Вистелиусом: «В геологических науках и, вообще, в естествознании математически доказуемых истин не существует» [2].

Выражение «математически доказано» понимается как безошибочность дедукции из формализованных посылок. Если подвергнутая формализации аксиоматика верна, адекватна существу явления, то полученные из нее дедукцией выводы отражают суть явления, и наоборот. Здесь налицо две неординарные задачи, разные по способам решения. Поэтому для математизации естественных наук необходимо сотрудничество разных специалистов, например, геолога для аксиоматики исходных данных, отражающих специфику явления, и математика для «безошибочности дедукции». И этого мало. Аксиоматика и дедукция должны быть проверены экспертами-специалистами, а при положительном заключении полученные выводы многократно сопоставляются с природой в наблюдениях или специально организованных экспериментах. Другого научного пути к знанию не существует.

В необходимости такого порядка «действий» автор убедился на опыте поиска-подбора математической модели для подсчета запасов по золоторудному месторождению. Задача геолога сводилась к описанию модели в количественном и качественном отношении и порядка геологических работ (бурение, опробование, обработка, анализ, системы привязки проб, формирование базы данных), а также специфических погрешностей (по происхождению, величине и знаку) на каждом этапе. Задача математика - найти или подобрать закономерности изменения содержания золота в объеме месторождения в форме соответствующего алгоритма.

На следующем этапе начинается работа программиста, который переводит исходные данные и алгоритм в команды и программы. Усилия всех специалистов не имели бы никакой цены, если бы не были проверены на практике. Справедливость математической «блочной модели» месторождения проверена по фактическому распределению оруденения за период эксплуатации, что характеризует масштаб проверки соответствия модели наблюдениям. После этого потребовалось внести дополнительные поправки, корректировку алгоритма. Идут ли в сравнение с таким подходом, методикой, системой организации и проверки малоответственное «баловство» с математическими уравнениями? Можно ли это назвать математизацией?

На практике используют два способа задания математической модели явления. В одном из них намечают несколько возможных априорных схем,

из которых на основе проверки согласия с наблюдениями выбирают одну, а другие бракуют. Это постановка, так называемой, прямой задачи. Обратите внимание, что решающее значение имеет согласие с наблюдениями и нет никакого специального математического решения.

При постановке обратной задачи на основе наблюдаемых величин и частот признака строят некую гладкую функцию распределения или несколько функций. При этом обычно для набора таких функций не пользуются никакой теорией. После сравнения по заданным критериям с наблюдениями одна из функций признается не противоречащей опыту. Исследователь как бы примеряет некую математическую закономерность к выборке. На самом деле «даже если удается с большой точностью воспроизвести функцию распределения некоторой случайной величины, то эта функция мало скажет нам о механизме явления» [2]. Профессионал-геолог выразится прямо: функция ничего не скажет ни о природе, ни об условиях протекания процесса. Обратная задача никогда не решается однозначно. Это еще раз доказывает, что собственно математического решения горно-геологических и естественнонаучных задач не существует.

Изложенное характеризует общие условия и подходы к использованию математики. Идеи подходов были сформулированы уже в трудах П.Л. Чебышева, А.М. Ляпунова, А.Н. Колмогорова, А.Б. Вистелиуса, Б.В. Гнеденко. Автор лишь привлекает внимание к необходимости соблюдения правил научной аксиоматики и дедукции, игнорирование которых низводит работы на зыбкую почву непроверенных догадок, приводит к пустой трате времени и сил, плодит псевдонаучные результаты.

Остановимся на типичных ошибках частного характера в использовании математики. Самая распространенная из них - иллюзия достоверности и точности результата цепи последовательных математических операций, не опирающихся на бесспорную аксиоматику. Часто одна из исходных посылок содержит простое допущение, более или менее правдоподобное. Его либо невозможно доказать, либо автор не потрудился это сделать. Какие бы красивые математические преобразования мы не делали на пути к конечной формуле-модели, результат будет не более достоверен, чем произвольная исходная посылка. Это прямое следствие из «теории ошибок» К.Ф. Гаусса. Любая цепь не может быть прочнее самого слабого звена.

Другая типичная ошибка - попытка некритического применения некоего математического закона к выборке физико-химических параметров или

проб, характеризующей объект, месторождение. При этом не учитывают определенные требования и к самой выборке, и к содержащимся в ней параметрам, переменным. Выборка должна быть, по возможности, равномерной и достаточной, а параметры - независимыми. Например, рутинную операцию вычисления среднего содержания компонента нельзя выполнять произвольно. В зависимости от распределения компонента и характера выборки среднее содержание вычисляется способом среднего арифметического, взвешенного или логарифмического. Выбор и применение математического аппарата для конкретной задачи требует анализа и обоснования. Часто это делается просто по аналогии с изученными объектами.

Третья ошибка связана с неполнотой дедукции. В обычной житейской дискуссии приводят аргументы в пользу определенного вывода, и правота признается за тем из соперников, который привел более основательные аргументы и в большем числе. При этом освещается лишь часть системы. В науке же, а в математике особенно, требуется проверить *все* варианты без единого исключения, найти все корни уравнения и т. д. Так реализуется на практике метод полной группы. «В математике нет и не может быть частично или наполовину доказанных истин. Либо положение доказано исчерпывающим образом и тогда оно признается научным сообществом, либо доказательства не существуют» [2].

Четвертая типичная ошибка - незаконная экстраполяция свойств горного массива за пределы изученного участка. При исследовании напряженно-деформированного состояния выбирают одну из правдоподобных моделей и производят расчеты, исходя из модуля упругости, коэффициента Пуассона и модуля сдвига. Расчеты напряжений в горном массиве выполняют на основе двух допущений: взятые из справочников модули и коэффициенты соответствуют данному массиву; его свойства изотропны. Оба этих допущения весьма условны. Поэтому достоверность результатов математических расчетов не может быть выше меры этой условности.

Таким образом, математизация естественных наук, обещающая новые открытия и прорывы, требует соблюдения определенных подходов и правил, использование которых позволит избежать или сильно уменьшить влияние субъективных факторов на результаты исследования.

*(Статья опубликована в «Известиях высших учебных заведений, Горном журнале», № 6, 2009 г.)*

**Список литературы:**

1. Ляпунов А. М. О фундаменте и стиле математики. М.: Математическое просвещение, 1960. С. 12—19.
2. Вистелиус А. Б. Основы математической геологии. Л.: Наука, 1980. С. 22, 30.

## ВЛИЯНИЕ ОБВОДНЕННОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД НА ИХ СОСТОЯНИЕ В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Фозилов Э.М., ст. научный сотрудник-соискатель ГП «Институт ГИДРОИНГЕО»

*Ko'mir, ruda, kon-kimyo xom-ashyosidan tashkil topgan turli xil foydali qazilma konlariga suvchanlikning ta'siri qatlamlar, g'ovakchalar, yoriq-g'ovakchalar, yoriqlar va karstlar orqali ta'sir etib, eng asosiysi bosimli suv orqali amalga oshadi. Ular asosan peschanik, alevrolit, ohaktosh va dolomit, yoriqlardan tashkil topgan argillit, mergel, kremniy va tufagenli kon jinslaridan tashkil topgan. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, namlik miqdorining oshishi kon jinslarining qattqlik xususiyatini 25 % gacha kamaytiradi.*

*Tayanch iboralar: suvlanganlik, yoriqlar, plastlar, g'ovaklar, yoriq-g'ovaklar, karstlar, bosimli suv, qattqlik xususiyati, kon jinsi, namlik.*

*Formation waters, interstitial waters, crack-interstitial waters, crack and karst waters, and mainly pressure waters have impact on water content of various deposits such as coal, ore, and mining chemical feedstock deposits. They are usually connected with various types of sandstones, siltstones, limestones and dolomites, fractured argillites, malmstones, siliceous and tufaceous rocks. It is found that in the process of watering the rock strength parameters decrease up to 25%.*

*Key words: water content, cracks, formation waters, interstitial waters, crack-interstitial waters, karst waters, pressure waters, rock strength parameters, rocks, moisture.*

Вода практически постоянный компонент подвижной фазы горных пород. Благодаря исключительным свойствам – высокой подвижности, теплоёмкости и химической активности, она оказывает весьма существенное влияние на свойства горных пород и процессов. При строительстве (эксплуатации) комплексов горных выработок и разработке полезных ископаемых подземные воды являются одним из факторов, определяющим устойчивость горных пород на ствoлах шахт и стенок, подземных горных выработках, а также влияние на условия производства и безопасность ведения горных работ, на качество полезных ископаемых и др., требующие необходимость выполнения разнообразных мероприятий по защите горных выработок от притоков к ним подземных вод [1-4].

Анализ проведенных гидрогеологических и инженерно-геологических исследований на рудных месторождениях твердых полезных ископаемых показывает, что в подземных горных выработках имеются прорывы воды, пльвуны, разжиженные глинистые породы и затопления. Ущерб, наносимый такими явлениями, значителен. Поэтому изучение подземных вод и их распространение, условия залегания, гидравлические особенности, условия питания, разгрузка, запасы, режимы, химизмы необходимы для правильного ведения горных работ при эксплуатации месторождений полезных ископаемых. На основе проведенных гидрогеологических и инженерно-геологических исследований на Хандизинском рудном поле выявлены нижеследующие факторы, которые определяют обводненность месторождения.

*Климатические условия* района характеризуются умеренно влажным климатом. Атмосферные осадки выпадают с декабря по апрель месяцы (71-85% годовой суммы). Среднеголетняя сумма их составляет в г.

Термезе – 161,47 мм, в г. Денау – 341,25 мм. Влажность воздуха не превышает 40%. Испаряемость составляет 1500-1700 мм. С повышением рельефа среднегодовые температуры воздуха и испаряемость уменьшаются, увеличивается значение относительной влажности. Максимальные среднеголетние суммарные годовые осадки составляют 589 мм и минимальные среднеголетние температуры воздуха 7,90. Среднегодовая температура воздуха уменьшается примерно на 0,50 на каждые 10 м подъема. Испаряемость уменьшается с повышением местности в среднем 60-80 мм на каждые 100 м абс. высоты.

*Гидрографические условия* характеризуются наличием рек и ручьев (саев). Река Сангардак является одним из правых притоков реки Сурхандарья, имеет длину 68 км, общая водосборная площадь 948 км<sup>2</sup>, скорость течения до 3,6 м/с. Эта река играет роль естественной дрены для подземных вод исследуемого района. А также существуют небольшие речки и саи (Хандиза, Чинарсай). Состав подземных вод гидрокарбонатно-кальциевый, с минерализацией 0,2-0,3 г/л.

*Рельеф местности* представляет собой горную, резко расчлененную область на севере и северо-западе, и предгорья, которые переходят в предгорные равнины на юге и юго-востоке. Сложные горные сооружения Гиссарского хребта и его отрогов имеют широтное и юго-западные направления. Абсолютные отметки изменяются в пределах 400-5000 м. Средняя высота гор достигает 3000 м (Сурхантау), Байсунтау – 3920 м., Мачетли – 3051 м., Чакчар и Сарыкия – 3350-3740 м. Относительные превышения водоразделов над руслами саев составляют от 500 до 700 м.

*Геологическое строение.* В геологическом строении принимают участие песчаники, алевролиты, сланцы,

Таблица 1

Классификация месторождений твердых полезных ископаемых, шахтных и карьерных полей по степени обводнённости (по М.В. Сыроватко)					
Показатели общей обводнённости месторождений	Ед. изм.	Степень обводнённости месторождений			
Суммарный приток воды	m <sup>3</sup> /h.	>1000	1000-300	300-100	<100
Удельный приток воды	l/(h x m <sup>2</sup> )	>4	4-0,4	0-0,05	<0,05
Коэффициент водообильности	m <sup>3</sup> /h	>25	25-8	8-3	<3
Коэффициент фильтрации горных пород	m <sup>3</sup> /d.	>100	100-5	5-0,5	<0,05

диориты, риолиты, диабазы и андезиты. В естественном состоянии они не водоносны, но в зонах разломов и интенсивно трещиноватых горных пород они водоносные. Здесь выделяются в основном поровые и трещинно-поровые воды.

**Тектоника.** Хандизинское рудное поле приурочено к узлу пересечения глубинных разломов. Признаками разломов могут служить дайки лампрофиров, зоны повышенной трещиноватости пород. Разрывные нарушения имеют северо-западную (300-3300) и северо-восточную (10-400) простирания. Наиболее крупными являются Хандизинский, Чинарсайский, Новасайский, Черно́ва-Янгаклькские разрывы. Падение разрывов северо-восточное с углами падения 65-800, амплитуда смещения до 100 м. (Шмелев А.Г., 1975 г.). Кроме этих разломов, также выделяются малые разломы локального характера. В зонах разломов трещиноватость и раздроблённость горных пород увеличивается, наблюдаются дробления до 10-15 м. Трещиноватость горных пород уменьшается с увеличением глубины. Глубина залегания полезного ископаемого от поверхности земли месторождения Хандизинского рудного поля приурочена к горной местности, поэтому местный и региональный базис разгрузки подземных вод не вызывает серьезных опасений для проведения специальных мероприятий. Вода не накапливается в подземных горных выработках, а стекает на малые абсолютные отметки. На некоторых участках подземных горных выработках наблюдались обильные водопроявления, которые затрудняли горнопроходческие и др. виды работ, что приводило к необходимости проведения специальных водотводных мероприятий. Согласно классификации М.В. Сыроватко, рассматриваемое месторождение относится к умеренно обводнённым (табл. 1). Гидрогеологические условия Хандизинского полиметаллического месторождения находятся в прямой зависимости от геологического строения, тектоники, рельефа и климатических факторов. Основным источником питания подземных вод на рассматриваемой площади являются атмосферные осадки, которые частью инфильтрируются в горные породы по зонам тектонических нарушений, частью

стекают по склонам гор в речную сеть. По условиям залегания и распространения на участках Правобережных, Чинарсай, Майдансай, Черно́ва и Янгакльк Хандизинского месторождения по аналогии с участком Центральным, выделяются 3 типа подземных вод: грунтовые воды (поровые), пластово-трещинные воды, водоносная зона трещиноватости палеозойских пород. Грунтовые воды приурочены к четвертичным отложениям аллювия речной долины и делювию склонов. Поскольку последние не имеют широкого распространения, то значительных скоплений грунтовых вод в них не наблюдается. Пластово-трещинные воды приурочены, в основном, к толще мезозоя. Водоносная зона трещиноватости пород нижнего кембрия и нижнего карбона (толща палеозоя) приурочена к породам различного литологического состава в зонах интенсивной трещиноватости и тектонических нарушений, по которым происходит питание подземных вод на Хандизинском месторождении за счет инфильтрации атмосферных осадков и перетекания подземных вод из других водоносных горизонтов. Разгрузка их обусловлена структурно-геоморфологическими особенностями месторождения. На участках Чинарсай, Майдансай палеозойские отложения обнажаются на дневной поверхности и распространены широко. Из этих отложений местами выклиниваются родники с расходами 0,16-0,9 л/с (родники №№ 55 и 60). Палеозойские породы на участках Чинарсай и Майдансай по сравнению с участком Центральным характеризуются относительно большей водоносностью. Об этом свидетельствует степень обводнённости горных выработок (рис. 1).

**Штольня № 12.** Абсолютная отметка устья 1954,6 м. Находится в проходке с 1971 г. Общая длина горных выработок штольни составляет 2415,0 м. В устьевой части ствола штольни был установлен водослив для наблюдений за водопритоками. За 2012 г. среднегодовой расход воды по нему составляет 22,25 л/с. Максимальный приток в штольню происходит в весенние месяцы, минимальный – в осенне-зимние. Основные водопритоки здесь формируются за счет полостей и трещин, вскрытых горными выработками штольни. Среднегодовые водопритоки в горные выработки составляют: по устью штольни № 5 от 11,84 л/с в 2009 г. до 32,94 л/с в 2012 г., по устью штольни № 12 до 22,25 л/с в 2012 г. Сравнительно большой водоприток связан с начальным периодом горнопроходческих работ, с вскрытием полостей и трещин. Подземные воды толщи палеозоя напорные, по химическому составу гидрокарбонатные, натриевые, кальциевые I и II типов. Воды с плотным остатком до 0,3-0,5 г/л. Жесткость воды колеблется в пределах 0,25-4,15 мг/экв.л. Проведенные исследования на месторождениях Хандизинского рудного поля, расположенном на различных геолого-структурных, гидрогеологических, климатических условиях показали, что водообильность этих месторождений различна. Наиболее водообильными являются месторождения, располо-

женные на территории Хандизинского рудного поля (Южный Узбекистан). Умеренно обводнены месторождения Чадакского рудного поля – Пирмираб, Чадак, Акташ (Восточный Курама). Главное влияние на обводненность разнообразных месторождений – угольных, рудных, горно-химического сырья – оказывают пластовые, поровые, трещинно-поровые, трещинные и карстовые, но главным образом напорные воды. Они обычно связаны с различными типами песчаников, алевролитов, известняков и доломитов, реже – с трещиноватыми аргиллитами, мергелями, кремнистыми и туфогенными породами. В процессе увлажнения прочностные свойства горных пород уменьшаются до 25%.

Выводы исследований:

1. В геологическом строении всех участков Хандизинского полиметаллического месторождения до разведанной глубины принимают участие вулканогенно-осадочная толща нижнего отдела карбона, метаморфические образования нижнего отдела кембрия, осадочные породы триасовой и юрских систем и четвертичные отложения с незначительной мощностью. Гидрогеологические условия месторождения находятся в прямой зависимости от литологического состава пород, тектоники, атмосферных осадков.

2. По условиям залегания, питания, циркуляции и разгрузки выделяются грунтовые, пластово-трещинные воды и водоносная зона трещиноватости палеозойских пород.

3. В формировании подземных вод месторождения основную роль играют воды инфильтрационного происхождения.

4. Водопритоки в горные выработки образуются, в основном, за счет дренажа трещинных вод толщи палеозоя.

5. Максимальные водопритоки, которые приходятся на весенние месяцы, составляют: по горизонту +1620 м штольни № 15 (участок Чинарсай) 40-50 л/с при длине горных выработок около 3,0 км; по горизонту +1954,6 м штольни № 12 (участок Майдансай) 20-25 л/с при длине горных выработок 415,0 м.

6. Как показали результаты наблюдений за водопритоками в штольне № 10, возможны кратковременные прорывы воды из крупных трещин с расходами около 2-3 л/с.

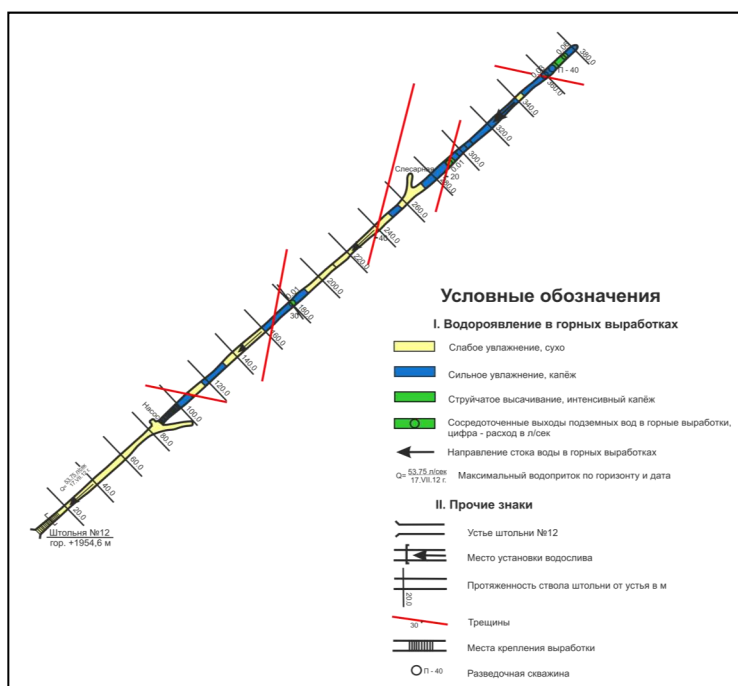


Рис. 1. Обводненность горных пород в подземных горных выработках штольни № 12 месторождения Чинарсай Хандизинского рудного поля

7. Притоки к горным выработкам на проектные отметки 1170 м и 800 м следует принимать увеличенными на 3-5 л/с, т.е. производительность водоотлива для горизонта 1170 м должна составлять величину порядка 20 л/с и для горизонта 800 м соответственно 35 л/с. Хотя горные выработки будут проходить ниже отметки русла р. Хандиза, притоков воды из аллювия не имеется. Аллювиальные отложения долины р. Хандизы на большей части участка месторождения вложены в глинистые породы юры и в меньшей мере в слабопроницаемые кварциты и сланцы палеозоя.

8. Поверхностные воды постоянно влияют на уровень режим, в пределах максимального и минимального уровня происходит изменения микро - трещиноватости пород с падением прочности до 30%.

9. Подземные воды оказывают двойное влияние на состояние горных выработок: за счет увлажнения прочностные показатели горных пород уменьшаются, а их физические свойства увеличиваются, при этом сдвигающие (гравитационные) силы увеличиваются, а удерживающие уменьшаются.

В этих зонах формируются обрушения, вывалы и др. В зонах напорных вод образуется гидростатическое (взвешивающее) давление, место которого является очагом деформаций.

#### Список литературы:

1. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. Ленинград. Недра. 1986.
2. Мирасланов М.М., Закиров М.М. Требования к гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям при разведке МТПИ. Ташкент. ГП «Институт ГИДРОИНГЕО». 2009.
3. Панюков П.Н. Инженерная геология. Москва. Недра 1978.
4. Рахимов А.Т. и др. «Гидрогеологическая характеристика участков Правобережный, Чинарсай, Майдансай, Чернова, Янгаклык Хандизинского полиметаллического месторождения, детальные поисковые работы» 1972-1976 гг.

## ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ЦЕНТРАМИ РЕСПУБЛИКИ

Умаров Ф.Я., декан ТашГТУ, канд. экон. наук; Шеметов П.А., докт. техн. наук

*Ilmiy ishlab chiqarish markazlari orqali kon-metallurgiya kombinatlaridagi geologiya qidiruv ishlarini amalga oshirish va tashkillashtirishning samaradorligini oshirish muammolari va ularning echimlari keltirilgan.*

*Tayanch iboralar: kon-metallurgiya kombinatlari, ilmiy ishlab chiqarish markazlari, geologiya qidiruv ishlari, muammolar, echimlar, geologik qidiruv ishlarining samaradorligi.*

*Problems and ways of solving of geological exploration problems by scientific and production centers of mining & metallurgical complexes for further increase of organization and prospecting efficiency are introduced in this article.*

*Key words: mining & metallurgical complexes, scientific and production centers, geological exploration works, problems, tasks, prospecting efficiency.*

На Навоийский и Алмалыкский горно-металлургические комбинаты возложена функция воспроизводства базы минерального сырья комбинатов, с организацией в их составе научно-производственных центров (НПЦ): «Геология драгоценных металлов и урана» и «Геология цветных металлов» с включением ее в государственную программу геологоразведочных работ (ГРР) с финансированием из государственного бюджета.

Понимая, что крупные компании более эффективны, чем мелкие, у них ниже издержки и риски, можно сказать, что 2011 г. стал поворотным для отечественной горнодобывающей отрасли: концентрация добычи и ГРР, последовательный ввод ряда новых проектов, внедрение новых технологий и техники, достаточно низкая себестоимость добычи минерального сырья открывают перед Узбекистаном хорошие перспективы.

Переход на новый уровень качества ведения ГРР усиливает экономическую эффективность поисково-разведочных работ и обеспечивает выполнение по приросту запасов минерального сырья согласно реализации ежегодной государственной программы. Основными задачами государственной ежегодной программы ГРР являются:

- обеспечение выполнения государственного заказа по приросту запасов минерального сырья с целью восполнения сырьевой базы ГМК;
- дальнейшее укрепление и расширение минерально-сырьевой базы комбинатов на основе подготовки новых объектов под прирост запасов на перспективу;
- проведение поисковых и оценочных работ на перспективных площадях с целью создания минерально-сырьевой базы для строительства новых горнодобывающих предприятий.

Как показала практика работы НПЦ, для ГРР характерны специфические особенности, отличающие их от других отраслей промышленности и определяющие их экономику: комплексный характер работ (геологический, геохимический, геофизический, технический, технологический, аналитический и др.); научно-производственный характер выполняемых работ, требующий затраты труда высокой квалификации; большая трудоемкость работ, приближающая их к горнодобывающим отраслям промышленности; сравнительная отдаленность проводимых геологических исследований от промышленных центров, отдаленность материально-технического снабжения, магистралей общего пользования (это требует дополнительных ассигнований и приводит к удорожанию работ); разбросанность объектов ГРР и постоянное перемещение рабочих мест.

Положительным является то, что ежегодная программа ГРР НПЦ формируется на основе анализа состояния минерально-сырьевой базы и оценки прогнозных ресурсов основных видов полезных ископаемых, обеспеченности промышленными запасами ГМК, с учетом основных критериев выбора объектов, включаемых в программу, обоснования направления стадий региональных, геолого-съёмочных, поисковых, оценочных и разведочных работ на разные виды полезных ископаемых. При этом учитываются приоритетные направления научно-исследовательских, опытно-методических работ, технологических исследований руд, геолого-экономических исследований и иных работ по геологическому изучению недр; достижения необходимого уровня прироста запасов полезных ископаемых на новых объектах с учетом ежегодных погашений; финансирование ГРР как со стороны государства, так и собственных средств комбинатов и др.

Переход на новый уровень ведения поисково-разведочных работ усиливает требования к повышению экономической эффективности работ и позволяет критически оценить механизм формирования государственного заказа по приросту и реализации программы ГРР.

Так, низкая достоверность разведанных запасов приводит к избыточным затратам горнодобывающих предприятий ввиду высокой стоимости подготовительных работ. В настоящее время причинами недостаточной достоверности разведанных запасов являются:

1. Попытка передачи к освоению запасов изученных на ранних стадиях ГРР при условии несоблюдения необходимых пропорций категориальных запасов ( $C_1/C_2$  -80/20%).

2. Организация сети наблюдений по матричным схемам, рекомендованным ГКЗ (при обоснованном заявлении инструкции о необходимости коррекции плотности сети с учетом особенностей каждого объекта).

3. Недостаточный уровень достоверности разведки буровыми работами и изученности площади рудного тела в межгоризонтном пространстве (при разведке объектов горным способом).

4. Неполучение прироста в пределах обрабатываемых месторождений (фланги и глубокие горизонты разведанных месторождений).

5. Риски экстраполяции данных на неизученные части месторождения (подвески на изученные геологические блоки без учета изменчивости оруденения и т.п.).

С целью повышения достоверности разведанных запасов необходимо изменить организацию поэтапной апробации результатов ГРР. Рекомендуемая апробация результатов ГРР по приросту запасов представлена в табл. 1.

По нашему мнению, первичную апробацию геологических проектов и отчетов о результатах работ и материалов по приросту запасов необходимо осуществлять на НТС геологоразведочных экспедиций (I этап) и в нем должны принимать участие 10-15 опытных специалистов и ученых. И только после их одобрения материал направлять на НПЦ (II этап), а потом в НТС ГКМ (III этап), далее на ПДКЗ Госкомгеологии РУз (IV этап). Последовательная апробация геологических материалов на разных этапах оттачивает профессионализм исполнителей. Качество работ и достоверность разведанных запасов после очередной поправки и рекомендаций улучшается на порядок.

В связи с этим предлагается выполнить следующее:

1. Первичную апробацию геологических проектов и отчетов о результатах работ и материалов по приросту запасов осуществлять на НТС поэтапно с привлечением опытных специалистов и ученых.

2. Принять за обязательное условие подготовку в итоге завершенных ГРР высокой доли запасов высоких категорий ( $C_1$  не менее 80%).

Таблица 1

Рекомендуемая апробация результатов ГРР по приросту запасов

Этапы	Место рассмотрения
I	НТС геологоразведочной экспедиции
II	НПЦ
III	НТС ГКМ
IV	ПДКЗ Госкомгеологии РУз

3. Обеспечить в итоге разведочных работ системное изучение всей площади рудных тел на основе горно-буровой схемы разведки, с обоснованной, на основе статистически значимых наблюдений, плотности сети ГРР.

4. Обязать ГКЗ Республики ежегодно публиковать аналитические данные по достоверности разведанных данных с соответствующим финансированием специализированных работ по сопоставлению данных разведки и эксплуатации месторождений.

На наш взгляд, одним из приоритетных направлений является выбор объектов ГРР для формирования государственного заказа по приросту минерального сырья. С момента, когда месторождение начинает эксплуатироваться, возникает необходимость уточнения сведений о разведанных запасах и достоверности разведки, выявления дополнительных минерально-сырьевых ресурсов, улучшения и совершенствования технологии разработки месторождения и переработки минерального сырья. Перечисленные задачи можно будет объединить в три группы: уточнение сведений о разведанных запасах по мере их вскрытия, подготовки и отработки; выявление и оценка новых запасов полезного ископаемого в районе горного отвода для расширения минерально-сырьевой базы действующего предприятия и продление срока его существования; детализация сведений о геологическом строении месторождения и составе полезного ископаемого для контроля за качеством и полнотой отработки запасов и для оказания помощи горному предприятию по совершенствованию технологии разработки месторождения и переработки руд.

Для решения этих задач непосредственно горными предприятиями на месторождениях проводятся доразведка и эксплоразведка. Развитие и наращивание прироста запасов доразведкой является немаловажной задачей при минимизации имеющегося отставания при приросте запасов от объемов их ежегодной добычи. Анализ воспроизводства минерально-сырьевой базы Навоийского ГКМ в 2005-2013 гг. свидетельствует, что перспективы прироста запасов на эксплуатируемых месторождениях довольно ограничены из-за отсутствия организации ГРР стадий доразведки 2011-2013 гг. Так, достигнутый уровень прироста получен либо несопоставимо с погашением, либо при пересчете запасов со сниженными кондициями. Учитывая, что все силы НПЦ ГКМ мобилизованы на выполнение программы ГРР, в то же время

программой не решается задача пополнения истощаемых запасов полезных ископаемых на месторождениях в контуре земельных отводов.

В дальнейшем, для продления сроков (за счет доразведки флангов и глубоких горизонтов) эксплуатации разрабатываемых месторождений без снижения производственных мощностей ГМК и с целью эффективности и рационализации технологического процесса переработки и восполнения базы минерального сырья предлагается выполнить следующее:

1. В пределах территорий деятельности горнодобывающих предприятий направления ГРП определить с учетом состояния сырьевой базы действующих предприятий. Протоколы соответствующих согласований должны иметь обязательную силу.

2. Методические приемы по разведке перспективных объектов на территории деятельности добычных предприятий и, в первую очередь, плотность сети наблюдений должны быть основаны на опыте эксплуатационных работ, что повысит достоверность материалов разведки.

3. Доразведку переданных на баланс горнорудным предприятиям запасов низкой категории поручить НПЦ без обязательства прироста, поскольку задачей доразведки является уточнение реальных параметров оруденения.

Таким образом, наряду с новыми удаленными объектами ГРП [1] должны быть приоритетными и территории земельных отводов разрабатываемых месторождений. Приращенные запасы в действующих объектах отработки (на флангах и глубине) являются активными и первоочередно вовлекаются в отработку. Активные запасы разрабатываемых месторождений в зонах действия ГМК решают многие производственные проблемы, связанные с добычей, переработкой, планированием и проектированием. При этом важно участие специалистов горнодобывающих подразделений комбинатов при разработке НПЦ по объектным планам и государственной программы ГРП.

Исследованиями Исакова М.У., Исановой Г.Р., Зималиной В.Я. [2], на примере эксплуатируемых месторождений Узбекистана из различных золоторудных формаций и типов рудных залежей, проведено сопоставление разведанных и эксплуатируемых запасов (Кокпатас, Мурунтау, Чармитан, Марджанбулак и др.). В частности, разница по среднему содержанию золота на верхних горизонтах месторождения Мурунтау составила 24%. Это обусловлено технологическим разубоживанием при формировании выемочных уступов, так как их отметки никогда не совпадают с границами геологических рудных тел.

Количественные расхождения запасов окисленных руд на месторождении Кокпатас, определенные сопоставлением результатов разведки (с учетом пересчета запасов ГКЗ) и эксплуатации по участкам, объясняются более сложными закономерностями локализации промышленного золотого оруденения: невы-

держанностью содержания золота, мощности залежей и линейных запасов по простиранию и по падению; изменчивыми морфологическими очертаниями промышленных скоплений (более сложными, чем они представляются на этапе разведки); более высокой степенью изменчивости статистических параметров оруденения, чем на стадии разведки; приуроченностью промышленных руд только к определенным гипсометрическим уровням разреза.

Имеются сведения о расхождении параметров среднего содержания золота по месторождениям «Аджибугут», «Биринчи Сентябрь», рудным телам Зиаэтинского и Марджанбулакского рудных полей. Рудные тела месторождения «Даугызтау» являются хорошо разведанными, но плохо (не достоверно) изученными. Недостоверная изученность заключается в том, что разведка не сопровождалась достаточным количеством технологических испытаний по разным технологическим типам руд. Так, проведенное геолого-технологическое картирование (ГРП стадии доразведки) на пилотном участке выделило четыре природных типа смешанных и первичных золото-сульфидных руд месторождения «Даугызтау».

Практически на всех разрабатываемых в настоящее время золоторудных месторождениях III-V групп сложности отмечаются расхождения между запасами подсчитанными и фактическими из-за сложности их геологического строения, высокой пространственной изменчивости параметров оруденения [3].

Таким образом, вышеприведенное еще раз говорит о том, что доразведка значительно повышает достоверность установления числовых значений геолого-промышленных параметров месторождения и конкретного рудного тела, определяющих его конфигурацию, условия залегания, качественную характеристику полезного ископаемого и промышленную оценку в целом.

Эффективность ГРП во всех аспектах зависит от геологической, технической, экономической и экологической оценки методов ведения работ. Геологические, экономические и экологические аспекты связаны с квалифицированными специалистами и их теоретической и практической подготовленности, овладением широкого спектра геологических и методологических знаний.

В связи с этим очень важно укомплектование геологических подразделений кадрами, а также подготовка и переподготовка геологических кадров. Технические аспекты оценки - это внедрение новой современной техники и более прогрессивной технологии и транспортных средств, комплексной механизации и автоматизации тяжелых, трудоемких работ и процессов, применение наукоемкой технологии и др.

Основным критерием выбора техники и технологии бурения скважин (основной из технических средств) становится, прежде всего, получение полноценной геологической информации, влияющей на результаты ГРП, недопущение пропуска мелких, не-

больших по мощности рудных зон (объекты Нуратау, Зиаэтдин-Зирабулак, Марджанбулак, Зармитан, Гиссар и др.).

Таким образом, рассмотрены проблемы геолого-разведочных работ и пути их решения НПЦ по дальнейшему повышению эффективности системы организации и проведении ГРР. В целом эффективность ГРР НПЦ достигается:

1. Укреплением технологических служб на объектах работ, совершенствованием и внедрением новых

способов, технических средств и технологий бурения и опробования.

2. Переводом буровых и горных бригад на подрядный договор по нормам фиксированной стоимости одного погонного метра проходки.

3. Постоянным мониторингом ГРР экспертной группой на организациях (экспедиция, НПЦ).

4. Укомплектованием геологических подразделений кадрами, подготовкой и переподготовкой геологических кадров.

#### Список литературы:

1. Методические указания о проведении геологоразведочных работ по стадиям (твердые полезные ископаемые). Ташкент. 1999.
2. Исаков М.У., Исанова Г.Р., Зималина В.Я. Подтверждаемость запасов на золоторудных месторождениях Республики Узбекистан // «Руды и металлы» № 4, 2002. с. 31-40.
3. Хамроев И.О. Многофакторная модель золоторудных месторождений Чармитанского рудного поля // «Руды и металлы» № 5, 2007.

УДК 552.55

© Жанибеков Б.О., Сагдуллаев Ш.Х., Холикова М.А., Закиров О.Т. 2014 г.

## ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ГОРАХ БЕЛЬТАУ (ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КЫЗЫЛКУМЫ)

Жанибеков Б.О., ст. научный сотрудник - исследователь ГП «НИИМР»; Сагдуллаев Ш.Х., инженер-геолог ГП «НИИМР»; Холикова М.А., начальник партии Комплексной экспедиции Института Сейсмологии АН РУз.; Закиров О.Т., гл. специалист ГИ «Саноатконтехназорат», канд. геол.- мин. наук

*Bel'tau kon geologiyasi va metallogeniyasi haqida ma'lumotlar berilgan. Unda sanoat ahamiyatiga ega oltin konlar geologik muhit va uning elementlari ta'sirida hosil bo'lgan. Daugistau koni yer yoriqlarining tutashgan joyida hosil bo'lgan va unda hosil bo'lish geodinamikasining roli ko'rsatilgan.*

*Tayanch iboralar: foydali qazilmalar, geodinamika, region, oltin, tadqiqot, modellashtirish.*

*Basic mining-and-geological and metallogenic data of Beltau ore field are presented in this article. Research suggests that period of ore mineralization is characterized by complex geodynamic conditions, breakdown of territory into small tectonic blocks, and activity of blocks.*

*Key words: mineral resources, geodynamic situation in the region, ore-grade gold mineralization, research, modeling.*

Горы Бельтау по данным В.П. Матяша, Ш.А. Чемборисова, Ю.Н. Зверева и других входят в состав Кызылкумского срединного массива, который охватывает Букантауское, Тамдытауское, Бельтауское, Ауминзауское и Аристантауское горные сооружения и западную часть Северо-Нуратинского хребта.

В пределах рассматриваемой территории широкое развитие имеют породы допалеозойского структурного этажа. Нижний ярус структурного этажа представлен кремнисто-карбонатно-базальт-андезитовой, кремнисто-сланцевой (PR<sub>3ts</sub>), карбонатно-кремнисто-глинистой (PR<sub>3kr</sub>) формациями.

Верхний ярус представляет флишоидная (PR<sub>3bs</sub>) формация. Разновозрастные образования палеозойского структурного этапа подразделены на три структурных яруса: нижний, средний и верхний. Нижний ярус – это породы флишоидной (E<sub>2</sub>-O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>), гравуаковой (O<sub>2</sub>), флишоидной - кварц - кератофировой (S<sub>1</sub>) и карбонатной (S<sub>2</sub>) формаций. Последующие два яруса представлены породами карбонатной (D<sub>1</sub>, D-C), алевролит-песчаной, кварц-кератофировой (D<sub>1+2</sub>), флишоидной (D<sub>1-2</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>2+3</sub>), известняково-глинисто-песчаной (C<sub>2</sub>) и карбонатной-кремнисто-глинисто-андезитовой (C<sub>2</sub>) формациями. Кызылкумский срединный массив

со всех сторон ограничен глубинными разломами, которые контролировали офиолитовый комплекс.

По геофизическим данным срединный массив условно подразделяется на Южнобукантауский, Западный и Восточный блоки. Горы Бельтау, входящие в состав Восточного блока, находятся в юго-восточной части Центральных Кызылкумов и протягиваются в северо-восточном направлении. В геологическом строении принимают участие протерозойские, палеозойские и мезо-кайнозойские образования.

Протерозой представлен тасказганской свитой: метабазалты, метаэффузивы, микрокварциты, мраморизованные известняки и доломиты. Палеозой представлен бесапанской свитой ( $C_1-O_{1-2}$ ), состоящей из бластен-алевропесчаников, бластопелитов, песчаников, гравелитов, алевролитов и пелитов. Интрузивные образования представлены диабазовыми порфиритами и кварцево-сиенито-диоритовыми порфиритами девона, а также диоритовыми порфиритами, кварцевыми диоритовыми порфиритами, спессартитами верхнего карбона.

Металлогенический облик гор Бельтау представляют месторождения золото-сульфидной и кварц-золото-серебряной формации. Кроме того, выявлен ряд рудопроявлений ртути, сурьмы и меди. Промышленный интерес представляет золото, которое сконцентрировано на двух месторождениях – «Даугызтау» и «Амантайтау» и на многочисленных рудопроявлениях, расположенных неравномерно по всей территории гор Бельтау. Для всех их рудомещающей средой являются образования Пестрого Бесапана.

Контролируются они широко проявленной разрывной тектоникой. Широко развитие разрывных структур способствовало образованию различного рода тектонических элементов - это зоны сопряжений и пересечений одиночных и субпараллельных разломов, клиновидные структуры и др. Проявления золота пространственно связаны с этими тектоническими элементами.

Эталонное месторождение «Даугызтау» с золото-сульфидной минерализацией относится к Джетымтау-Даугызтаускому рудному узлу Зарафшано-Туркестанской металлогенической зоны. Рудные тела месторождения - это минерализованные зоны с прожилково-вкрапленной минерализацией и пласто-образными, лентообразными и жило-образными залежами. В локализации золотого оруденения решающую роль играли тектонические нарушения сколового характера северо-восточного и северо-западного направлений.

При воздействии региональных тектонических процессов на формирование новых структурообразований большое значение имеет состав пород, слагающих изучаемую территорию. В данном случае в строении гор Бельтау участвуют вулканогенно-карбонатные образования протерозоя и вулканогенно-терригенные породы ордовика и нижнего силура (Рахатская свита).

Под влиянием тектоно-магматических процессов эти породы сильно смяты, раздроблены и подвержены метаморфическим изменениям. Изменению подверглись не только физические свойства, но также и механические параметры этих пород, что могло повлиять на характер и морфологию новых структурных образований. А их пространственная ориентация прямо зависит от деформации пород.

Влияние физико-механических свойств пород на структурообразование является одним из элементов в механизме формирования серии северо-восточных разломов гор Бельтау, сыгравших ключевую роль в процессах рудообразования, взяв на себя роль в контроле пространственного размещения золотого оруденения. При этом немаловажную роль играет и геодинамический режим всего Центрально-Кызылкумского региона, который обусловлен тектоно-магматической активизацией данной территории.

Тектоно-магматическая активизация выражена через горизонтальные движения микроплит, активность глубинных разломов, деструкцию территории. Все эти явления происходили синхронно с магматическими процессами.

Такая геодинамическая обстановка региона отразилась и на геодинамике гор Бельтау и способствовала обновлению ранее сформированных разрывных нарушений, а также образованию новых структурных элементов, которые в последствии имели важное значение для рудоотложения.

Геолого-структурный анализ условий формирования месторождений и рудопроявлений золота, реконструкция этапности образования разрывных нарушений, заложенных до и во время процессов рудообразования, а также результаты экспериментальных работ по моделированию структур гор Бельтау позволили реконструировать геодинамическую обстановку периода минералообразования.

Сколовый характер рудоконтролирующих структур прямо указывает на то, что до и во время рудообразования вся площадь гор Бельтау находилась под воздействием горизонтальных усилий сжатия. Направление сжатия северо-восточное, перпендикулярное простиранию Южно-Тяньшаньской складчатой структуре. При таком региональном геодинамическом режиме тектоническую активность проявили северо-западные разломы, в пассивном положении находились северо-восточные, так как их направление совпадает с направлением региональных усилий сжатия.

Северо-западные разломы осложнены серией более пологими, лежащими (близко к субмеридиональным) разрывами, которые проявили тектоническую активность в форме сдвига. В зонах пересечения их с другими разломами наблюдаем смещение первых против часовой стрелки. В зонах сдвига образовались полости приоткрываний. Полости приоткрываний наблюдаем и в участках сопряжений с северо-восточных разломов с субмеридиональной Даугызтауской разрывной структурой.

Образование здесь полости открываний связано с клиновидной структурой, которая при сжатии испытывает выжимание на юг. Смещение клина позволило образоваться в зоне сопряжений разломов полости приоткрывания.

На первый взгляд кажется, что тектоническое строение рудного района очень простое - на востоке в субмеридиональном направлении протягивается Даугызтауский разлом, к которому с запада примыкает серия северо-восточных структур, осложненных небольшими разрывами широтного простирания (рис. 1, 2).

На самом деле все вышеупомянутые разрывы разбивают площадь рудного района на разновеликие блоки.

Реконструкция геодинамической обстановки периода рудообразования показывает, что несмотря на то, что эти блоки взаимосвязаны, но их внешняя и внутренняя геодинамика различны. Внешняя геодинамика определяется взаимоотношением (в тектоническом отношении) блока с окружающими его другими блоками типом и степенью тектонической активности их граничных структур. А внутренняя геодинамика связана с активностью граничных структур блока. Активность граничных разломов блока может определить направление смещения блока, от которого зависит деформация пород. Смещение сопровождается изменением тектонической напряженности внутри блока, которое выражается концентрацией или же нейтрализацией напряжений в определенных участках блока.

В других случаях внутри блока можно наблюдать разнонаправленные смещения. Причина всему этому - разнонаправленность активности граничных разломов и различная степень активности.

Такая геодинамика, естественно, должна повлиять на характер тектонической напряженности и деформации пород как внутри взятого одного блока, так и в целом в площади Даугызтауского рудного района.

Таким образом, реконструкция геодинамики площади Даугызтауского рудного поля показывает, что период рудообразования характеризуется сложной геодинамической обстановкой, деструкцией территории на мелкие тектонические блоки, активностью блоков.

Активность разломов в вертикально-горизонтальной форме привела к смещению блоков, что послужило причиной изменения плана деформации с образованием зон локального сжатия и растяжения, а вдоль самих разломов - формированию приоткрытых граней.

Даугызтауское месторождение золота приурочено именно к этой зоне приоткрывания. Аналогичная структурная позиция характерна и для месторождения золота Асаукак и золото-серебряного месторождения Высоковольтное.

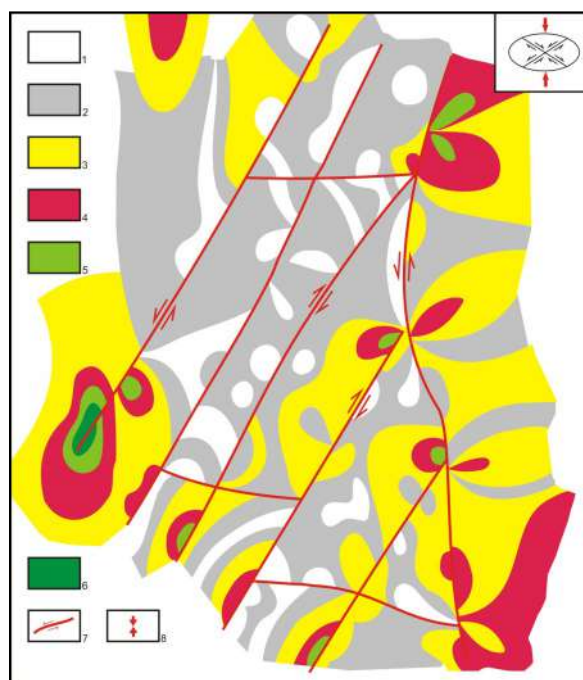


Рис. 1. Схема распределения тектонических напряжений в структурах Даугызтауского рудного района: 1 - отсутствие касательных напряжений; 2-3 - поля слабых напряжений; 4-5 - поля умеренных напряжений; 6 - поля сильных напряжений; 7 - линии разрывных нарушений и направления смещения по ним; 8 - направления активных смещающих усилий

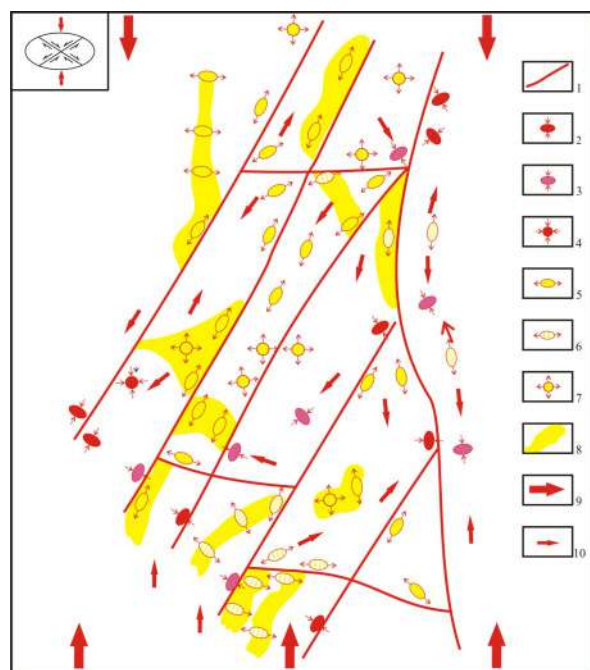


Рис. 2. Схема геодинамической обстановки периода рудообразования Даугызтауского рудного района: 1 - разломы; 2 - зона локального сжатия; 3 - предполагаемая зона локального сжатия; 4 - зона всестороннего сжатия; 5 - зона локального растяжения; 6 - предполагаемая зона локального растяжения; 7 - зона всестороннего растяжения; 8 - площади растяжений; 9 - направление региональных усилий сжатия; 10 - направление смещений

Все они контролируются Даугызтауским разломом северо-восточного направления, которое на всем своем протяжении осложнено сколовыми разрывами, примыкающими к нему с запада под углом  $20^{\circ}$ - $30^{\circ}$  и образующие при этом ряд клиновидных структур, которые активизировались при геодинамических процессах этапа рудообразования. Эта активность способствовала формированию локальных зон приоткрываний вдоль Даугызтауского разлома, где произошло формирование и размещение эндогенного золотого оруденения. Расшифровка геодинамической обстановки гор Бельтау далёкого прошлого показывает важность горизонтальных движений в геологическом развитии земной коры, под воздействием которых происходит активизация ранее заложенных глубинных структурных элементов и формирование новых структур, осложняя его строение.

Как показывает анализ материалов по региональной геологии, тектонике, магматизму, рудообразова-

нию эти глубинные структуры играют особую роль в формировании геологического облика изучаемой территории в процессе тектоники, магматизма, метаморфизма и рудообразования, выступая в роли выводящих, контролирующих и вмещающих структур. В современной геодинамической обстановке региона с этими глубинными структурами связаны очаги землетрясений, еще раз подтверждая их активность в настоящее время.

В связи с этим при изучении геодинамики Центрально-Кызылкумского региона и его отдельных площадей необходимо проводить комплексирование геологических, тектонических, геофизических методов исследования и экспериментальных работ по моделированию структур участка земной коры.

Полученные результаты можно будет использовать при прогнозе и поиске новых месторождений полезных ископаемых, а также для сейсмораионирования изучаемой территории в сейсмоактивных зонах.

УДК 550.85.553.068.41

© Ишбобаев Т.Б., Исаходжаев Б.А., Мирусманов М.А. 2014 г.

## К ПРОБЛЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ОПРОБОВАНИЯ НА ПЛОЩАДЯХ РАЗВИТИЯ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ

**Ишбобаев Т.Б.**, ст. научный сотрудник-исследователь кафедры «Геология полезных ископаемых и разведочные работы» ТашГТУ; **Исаходжаев Б.А.**, профессор кафедры «Геология полезных ископаемых и разведочные работы» ТашГТУ, докт. геол.- мин. наук; **Мирусманов М.А.**, доцент кафедры «Геология полезных ископаемых и разведочные работы» ТашГТУ, канд. геол.- мин. наук

*Regiondagi bir qator oltin ma'danli maydonlarda gipergenez jarayoni jadal nomoyon bo'lganligi uning chuqurlikka tarqalishi 50-70 (100) m gacha yetishi ta'kidlab o'tilgan. Ushbu ma'danlashuv zonalarda ma'danlar quyidagi turli kimyoviy birikmalarning bog'liqligi bilan namoyon bo'lgan: - Au, Ag, Pt, Pd, Fe, Ni, Se kabi sof tug'ma metallar va boshqalar (getit va gidrogetitda), oksidlar, gidrooksidlar, arsenatlar, sulfatlar, karbonatlar, silikatlar hamda qamrab turuvchi ma'danlashgan jinslarida ifodalangan. Bu o'rganilayotgan geologik ob'ektlarda geologik xujjatlashtirish va namunalashning samarali uslublarini tanlash bajaruvchidan yuqori ehtiyohtkorlik talab etadi va yakuniy natijalarning ishonchliligi va sifatini ta'minlaydi.*

*Tayanch iboralar: markaziy Kizilkum, kon, oksidlanish zonasi, ruda zaleji, formatsiya, mineral, sul'fid, getit, gidrogetit, sinash, hujjatlar.*

*Possibility of more intensive display of hypergenesis processes in gold ore fields (depth is 50-70 m and more up to 100 m below datum) of the region is emphasized in this article. In such zones ores come up with wide combination of chemical compounds – native metals Au, Ag, Pt, Pd, Fe, Ni, Se, and others (in goethite and hydrogoethide), oxides, hydroxides, arsenates, sulfates, carbonates, silicates and etc. as well as enclosing mineral rocks. This requires high precaution when choosing development methods, geological documents, and assaying of geologic features, quality of which ensure accuracy of final results.*

*Key words: Central Kyzylkum, deposit, oxidation zone, ore deposits, formation, mineral, silfide, goethide, hydrogoethide, assaying, documentation.*

Минералого-геохимические исследования первичных и окисленных руд золоторудных месторождений гор Букантау позволяют высказать мнения, что в условиях Центральных Кызылкумов развитие процессов гипергенеза, их глубина достигает более 50-70 (100) м, составляя в среднем 35-50 м. Геолог в этих условиях должен владеть глубокими знаниями о химизме процессов зоны окисления. Известно также, что большинство сульфидных соединений металлов неустойчивы в зоне окисления. Переходы окисленных зон в первичные достаточно сложные в связи с влиянием различных факторов, в первую очередь, структурных. Но местами эти границы четкие. В связи с различной степенью растворимости сульфидных соединений разных металлов легкорастворимая часть их может быть вынесена циркулирующими водами и рассеяна или переотложена с образованием вторичных окислов рассеяния, а труднорастворимая может сохраниться на месте. При этом в обоих случаях сульфатные соединения, являясь неустойчивыми, окисляются далее, и конечными продуктами измененных руд являются окислы, гидроокислы, карбонаты, в меньшей степени ванадаты, уранаты, силикаты, самородные элементы, и др.

Данные изучения руд из зон развития гипергенеза некоторых золоторудных месторождений гор Букантау свидетельствуют о следующем (рис. 1, 2):

1. В результате исследований проб окисленных руд золоторудных месторождений гор Букантау установлен широкий спектр элементов, количество которых достигает 54. Помимо профилирующих (золота и серебра) в них присутствуют и другие немаловажные элементы: мышьяк, сурьма, селен, кадмий, и др. Основные из этих элементов можно подразделить на несколько групп по своим свойствам: халькофильные элементы - Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Sn, Sb, As; сидерофильные элементы - Cr, V, Fe, Mn, Ti; литофильные элементы - Si, K, Na, Al, Ca, Mg и др.

2. Кроме этих элементов важное место в составе руд занимают элементы, которые нельзя однозначно относить к вышеотмеченным группам, это - благородные металлы - Au, Ag, Pt, Pd; редкие элементы - Se, Te, Cd, Bi, Re, Te; редкоземельные элементы - Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu.

3. Окисленные минералы представлены в широком диапазоне химических соединений: самородные металлы, сульфиды, оксиды, гидроксиды, арсенаты, сульфаты, карбонаты, антимониды, силикаты.

Самыми распространенными окисленными минералами являются оксиды и гидроксиды железа (гетит, гидрогетит), арсенаты (скородит), сульфаты (батлерит, ярозит) и силикаты (опал и аллофан). Для первичных и окисленных руд месторождений преобладающими формами самородного золота являются Au-Ag, Au-Cu и Au-Fe, обычно представ-

ленные микронными выделениями. Особо следует отметить вновь установленные в зоне окисления самородные металлы: Pd, Ni, Fe, Ag, Se, обнаруженные в гетите, гидрогетите, в которых данные элементы присутствуют в значительных концентрациях: NiO (от 0.04 до 93%); Pd (от 0.03 до 0.07%); Ag (от 0.02 до 0.17%); селен (от 0.05 до 0,23%). На основании изложенных фактов следует подчеркнуть, что месторождения золота гор Букантау по степени устойчивости главных сульфидных минералов в зоне окисления относятся к III группе, что предопределяет необходимость высокой предосторожности при прогнозе и оценке подобных месторождений на основе минеральных ассоциаций зоны гипергенеза.

Основным немаловажным аспектом процесса обеспечения достоверности является качество геологического картирования и документации. При ознакомлении с материалами геологического картирования при реализации ГРП авторы зачастую сталкивались с примерами игнорирования (или незнания) ряда элементарных, но основополагающих нормативных требований применительно к тем или иным геологическим условиям. Для рационального ведения разведочных работ необходимо понимание условий залегания тел, т. е. структуры месторождения. Основной для расшифровки структуры месторождения является достаточно детальная геологическая карта. Однако на практике значимость последнего положения иногда недооценивается, и геологическое картирование участка месторождения, тем более, рудного поля, считается работой второстепенной по сравнению с разведкой известного рудного тела.

Результаты геологической документации служат основой при составлении геологических разрезов, планов и объемного представления объекта ГРП. Первичная геологическая документация основывается на прямых визуальных полевых наблюдениях и является главным источником суждений о составе, особенностях строения и пространственного размещения рудовмещающих пород, минерализованных зон и тел, и в целом о месторождении. Чем она полнее и информативнее – тем качественнее геологическая документация. Ошибочную интерпретацию суждений о геологии и условиях формирования объекта, осуществленную на качественно выполненной первичной геологической документации, еще можно пересмотреть, но некачественно исполненную геологическую документацию уже невозможно исправить. Факты свидетельствуют о недостаточном уровне геологической документации во многих местах.

Действительно, геологическая карта может считаться полноценной только в том случае, когда она дает представление об условиях залегания пород не только на поверхности, но и на глубине, т. е. позволяет сделать разрезы. Поэтому построение разрезов



Рис. 1. Фактическая вскрываемость «коренных» пород (траншея)

по данным бурения и документации горных выработок - это продолжение работы по картированию поверхности. Документация горных выработок с учетом разрезов по скважинам заканчивается составлением геологических карт горизонтов. Иногда только сопоставление геологической карты поверхности, погоризонтных планов и разрезов по скважинам позволяет правильно расшифровать структуру месторождения.

Внедрение компьютерных технологий обработки геологической информации предполагает использование результатов первичной документации при решении геологических, прогнозных, поисковых, оценочных и других задач. В этом случае создание баз данных на основе традиционной первичной геологической документации имеет ряд недостатков, в числе которых: неоднородность представляемых документатором данных; часто недостаточ-

ная полнота информации; описательный характер, трудно поддающийся формализации; большие трудозатраты и неизбежные ошибки при переводе описательной информации в формализованный вид. Геологическая документация в значительной степени носит описательный характер, поэтому здесь очень важна систематизация и формализация документируемых признаков. К сожалению, довольно часто бывает, что сначала документируют, а потом по результатам проводят систематизацию признаков. Но если не делать тщательной предварительной разработки стандарта документации для конкретного месторождения и для конкретного вида информации, то впоследствии это может оказаться очень непростым делом. Обеспечение полноты и качества первичной геологической документации и опробования особенно актуально в условиях смещения фронта геологоразведочных работ на слабо



Рис. 2. Канавы, пройденные на расчистке

изученные площади и поиска скрытых перспективных позиций. Качество и достоверность геологической документации и, как следствие, опробования обычно низкие, если каналы пройдены в позициях с достаточно мощным чехлом молодых отложений (рис. 1).

В условиях достаточно высокой мощности наносов качественная документация и опробование возможно в случаях проходки каналов по траншеям или площадным расчисткам (рис. 2).

Это позволяет в основном пересечь верхнюю приповерхностную зону интенсивного окисления и загибирования. Минералого-геохимические особенности золоторудных объектов Центральных Кызылкумов достаточно хорошо изучены, главное внима-

ние при этом традиционно обращалось на первичные руды, как главных составляющих разведываемых запасов (от 75 до 95%) и при этом зона гипергенеза изучалась попутно и недостаточно системно. Если такое положение для Мурунтауского рудного поля не имеет особого значения, то для ряда других объектов региона Каракутанского, Кокпатасского, Окжетпесского и др. рудных полей приобретает принципиальное значение.

В подобных условиях правильный выбор методов вскрытия, геологической документации картирования, а также опробования позволяют обеспечить полноценное заключение об особенностях геологического строения и значимости объекта изучения.

УДК 553.068.36

© Тангиров А.И., Урунов Б.Н., Исаходжаев Б.А. 2014 г.

## ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ГОР БУКАНТАУ

**Тангиров А.И.**, ассистент кафедры «Геология полезных ископаемых и разведочные работы» ТашГТУ; **Урунов Б.Н.**, ассистент кафедры «Геология полезных ископаемых и разведочные работы» ТашГТУ; **Исаходжаев Б.А.**, профессор кафедры «Геология полезных ископаемых и разведочные работы» ТашГТУ, докт. геол.- мин. наук

*Bukantov tog'larida geologik-geodinamik, geologik-geofizik va geokimyoviy tadqiqotlar materiallari hamda AFKS deshifrovka qilish natijalari bo'yicha ilk bor regional struktura - Boztov-Kokpatas-Oqjetpes trendi mavjudligi asoslandi. Trend bo'ylab devon-karbon davriga mansub ohaktoshli antiforma-ko'tarilmalarning protorezoyning flişhoid yotqizilari orasidagi tektonik "tuynik" lari mavjudligi uning o'ziga xos belgisidir. BKOT zonasida hududda ma'lum oltin konlarining 80% ziyodi joylashgan. Konlar joylashuvi asosan trend bo'ylab rivojlangan va diagonal darzliklar ta'sirida paydo bo'lgan blokichi burmahanliklari va parchalanish zonalari (sutura zonasi) bilan nazoratlanadi.*

*Tayanch ibotalar: markaziy Kizilkum, Bukantau tog'i, kon, Boztov-Kokpatas-Oqjetpes trendi, regional struktura, tektonika, graben.*

*Regional structure – Boztov-Kokpatas-Oqjetpesskiy trend (BKOT) which is confirmed in geological and geodynamic, geological-geophysical and geochemical surveys as well as AFKS decoding results is distinguished in Bukantau Mountains for the first time. Differential feature of the trend is a presence of brachiform carbonate buildups network of Devon-carbonic age representing structural and tectonic knobs between Proterozoic flishoid formation strata. BKOT includes more than 80% of known primary deposits of noble metals, disposition of which is controlled by extended intrablock shear and crush zones (suture zone). Positions of complication by diagonal faults of the latter are the most favorable for ore localization.*

*Key words: Central Kyzylkum, Bukantau Mountains, deposit, Boztov-Kokpatas-Oqjetpesskiy trend, regional structure, tectonics, downthrown block.*

Задачи дальнейшего развития и укрепления минерально-сырьевой базы, действующих в Букантауском горнорудном регионе добывающих предприятий выдвигают задачи по выработке и обоснованию иных взглядов на рудоконтролирующие структуры, преследующие цель выделения новых площадей, перспективных на обнаружение месторождений благородных металлов, в первую очередь, золота [1].

Возможность существования крупной региональной структуры, более диагональной по простиранию в отношении к общетяньшанским в горах Букантау, подчеркивалась и ранее. В пределах Южно-Букантауской структурно-формационной зоны Н.И. Оранским [2] выделен Бозтау-Окжетпесский грабен позднеордовикского заложения, ограниченный Саутбайским и Турткудукским глубинными разломами с простиранием ССЗ 3260. В пределах его установлен характерный набор вулканогенных (карашахская толща), а также карбонатных образований среднедевонского и каменноугольного возраста в площадном залегании, обнажающихся в ядрах Бозтауской, Кокпатасской, Саутбайской и Окжетпесской антиформ. Грабен представляет собой четко очерченную разрывными нарушениями складчато-разрывную структуру с развитием вулканогенных, карбонатных и интрузивных образований и широким спектром рудной минерализации, в первую очередь, благороднометалльного характера. Авторами при изучении региональных закономерностей размещения эндогенного оруденения региона использованы возможности тренд-анализа. Тренд-анализ в геологии используется для выявления региональных и локальных компонентов исследуемых характеристик (рис. 1). Этот подход достаточно широко применяется в мировой практике.

Исследования и анализ геологических [3], дешифрированных космоснимков [4], геолого-геодинамических данных (Миркамалова Р.Х.) и др. позволили достаточно уверенно подчеркнуть возможность существования крупной региональной структуры-тренда, прослеживающегося по простиранию гор Бозтау-Кокпатас-Окжетпес шириной 6-8 km с простиранием в среднем 3200 с проявлением антиформ карбонатов – Бозтауской, Кокпатасской, Саутбайской и Окжетпесской (БКОТ).

Известно, что Бозтауская, Кокпатасская и Окжетпесская антиформы прослеживаются цепочкой в центральной части гор Букантау. Строение названных структур схоже между собой. В ядре обнажается карбонатная формация девона-карбона СВК Окжетпес. Крылья слагает вулканогенно-терригенная формация СВК Караших. Названные образования находятся в автохтонном залегании и выходят на дневную поверхность из-под кремнисто-карбонатно-терригенной формации СВК Кокпатас. Последний находится в автохтонном залегании и надвинут на два первых. В пределах ядер антиформных структур имеют интенсивное развитие дайковые образования. Описанные структуры вытянуты в запад-северо-

западном направлении и трассируют зону развития Кокпатасского глубинного разлома. Выделяя здесь Бозтау-Кокпатас-Окжетпесскую антиформу, они подчеркивают, что она вмещает наиболее крупные месторождения золота и серебра Кокпатас, Окжетпес, Барханное.

Структурный облик БКОТ и прилегающих площадей характеризуется ее приуроченностью к зоне крупного надвига отложений кокпатасской (О1-2) свиты на карбонатные отложения девона и карбона, обнажающихся в ядре антиформ. В ее составе выделяются сильно ожелезненные и окварцованные разности, представленные аргиллитами, алевролитами и песчаниками. Зона надвига осложнена многочисленными разломами, имеет в плане неровную, извилистую форму в виде прерывистой полосы, часто скрытой под наносами четвертичных отложений и осложненной многочисленными разрывными нарушениями продольной и ортогональной ориентировки, в связи с чем, отмечаются довольно крутые углы падения, колеблющиеся от 500 до 800. Параметры и основные элементы складок определяются по элементам залегания пород, реже фиксируются на местности по замковым и ядерным частям структур, определяемых по положению интенсивно раскливажированных песчаников, реже пород кварцево-кремнистого состава. Погружение шарниров в СЗ направлении под достаточно пологими углами 100-300. Золоторудные месторождения и проявления Букантау относятся к четырем формациям: золото-сульфидной прожилково-вкрапленных руд, золото-сульфидно-кварцевой, золото-серебряной и золото-скарновой. Месторождение золото-(сульфидно)-кварцевой формации могут быть разделены на две подформации: малосульфидных жильно-прожилковых зон и штокверков и убогосульфидных жил, линейных прожилковых зон и брекчий. Следует отметить, что выделенные золоторудные формации не могут рассматриваться как генетически обособленные группы, поскольку они не различаются ни по источнику металла, ни по связи с магматизмом, ни по времени формирования, т. е. разноэтапности. Их формационный облик обусловлен степенью развития тех или иных минеральных ассоциаций и зависит, прежде всего, от характера вмещающей среды и пространственных соотношений с массивами гранитоидных пород, а также состава последних. Все месторождения и проявления золота Букантау размещаются в пределах протяженных внутриблоковых зон смятия и дробления, обычно субсогласных с вмещающими толщами. Эти зоны, таким образом, играют роль рудоконтролирующих структур и могут быть сопоставимы с рудоподводящими разломами. Кроме смятия и дробления, для зон характерны мелкие штоки и дайки формации малых тел пестрого состава, образующие часто пояса и пучки, иногда отмечается повышенное количество кварцевых жил и прожилков. Роль рудоконтролирующих структур играют поперечные и диагональные разрывы и зоны разрыв-

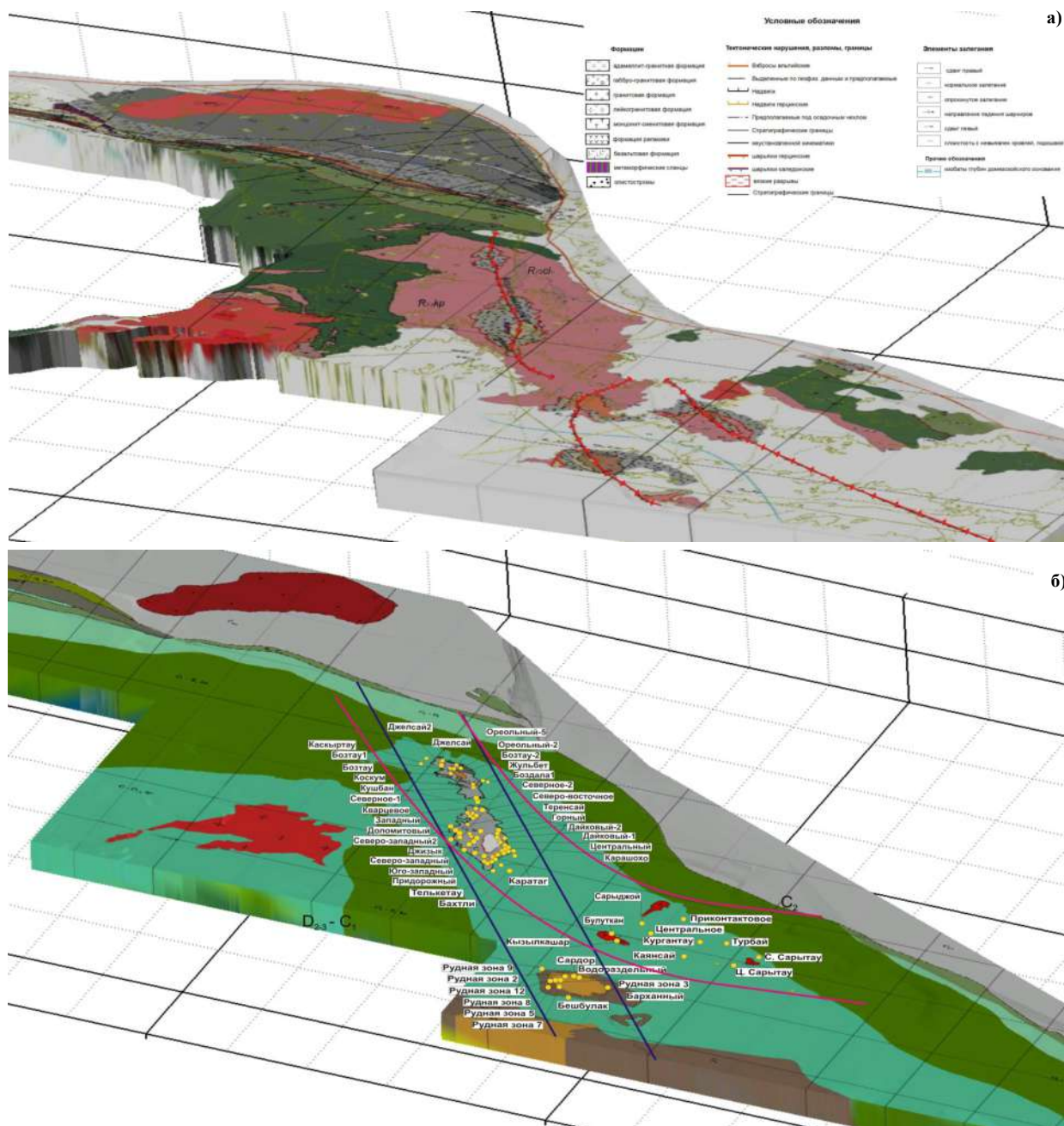


Рис. 1. Бозтау-Кокпатас-Окжетпеский тренд (БКOT) по данным геодинамических и дистанционно-съёмочных (а) и геолого-металлогенических (б) исследований

вов разного порядка: от мелких, влияющих на локализацию рудных тел и столбов на месторождениях, до региональных трансблоковых, вблизи и на пересечении которых с продольными зонами локализуются рудные поля. Важную роль в локализации руд, особенно золото-сульфидных прожилково-вкрапленных, играют рудозкранирующие поверхности, которыми являются обычно, также, плоскости надвигов. Имеются многочисленные разрывные нарушения, разбивающие БКОТ на серию различных по размерам и форме тектонических блоков. В ядре и приядерной частях антиформ развиты многочисленные мелкие разрывные нарушения, характеризующиеся зонами

дробления, метасоматического и жильно-прожилкового окварцевания, доломитизации и сульфидизации, часто несущие золоторудную минерализацию. Мощность подобных структур от 5-10 м до 25-30 м [5]. Система продольных разрывных нарушений является одной из наиболее распространенных. Рассмотрение данного факта совместно с другими также подкрепило мнение о возможности существования БКОТ, представленной многочисленными линейно-вытянутыми слабоизвилистыми структурами согласного с направлением основной складчатости и простиранием пород площади (азимут простирания 2800-3100). Падение разломов в ЮЮЗ под углами от

650 до 850. Мощности зон колеблются от 3,5 м до 7,0 м. Внутреннее строение структур характеризуется разной степенью дробления, расланцевания, иногда сопровождается кварцево-жильным прожилкованием. Разломы северо-западного направления (азимут простирания 330-3500) отмечаются фрагментарно, формируя отдельные структуры и картируются в основном в восточной части региональной структуры. Мощность разломов этой системы не превышает 3-4 м. Внутреннее строение характеризуется повышенной степенью катаклаза, в виде брекчированных разностей, иногда до милонитов, часто сцементированных карбонатным или кварцевым цементом.

Основная рудная минерализация связана:

- с ведущим структурным элементом площади – зоной надвига (сутурной зоной);
- со структурами генерального северо-западного (290-3100) направления, образующим основу БКОТ;
- с зонами разломов северо-восточного (70-800) простирания.

Выделяемая авторами региональная структура достаточно четко отмечается по следующим элементам:

1. Наличием протяженных разрывных нарушений и тектонических дислокаций различного порядка и вида, но главным образом герцинского возраста.

2. Наличием вдоль этой зоны цепочки брахиформных карбонатных построек девон-карбонного возраста, представляющих собой структурно-тектонические эрозионные окна среди отложений протерозойской флишеидной формации.

3. Подтверждением вышеизложенного материалами геолого-геодинамических, геолого-геофизических и геохимических исследований, а также по результатам дешифрирования АФКС.

4. Приуроченностью к этой структуре значительного большинства известных здесь рудных объектов. Ширина тренда нами условно принята в пределах 6-8 км, при общей протяженности по простиранию до 70 км и может иметь продолжение и далее на ЮВ. Так, в зоне данного тренда локализованы 70 из 80 известных в Южном Букантау месторождений и рудопроявлений золота, серебра, вольфрама и сурьмы, что составляет 88% известных здесь коренных проявлений (рис. 1).

Исследования региона в увязке с зоной проявления тренда позволяют по-новому оценить его перспективы, повысить достоверность прогноза и, как следствие, локализовать фронт поисков скрытых потенциальных площадей.

#### Список литературы:

1. Исаходжаев Б.А. и др. Геолого-структурные условия размещения сурьмяного оруденения в районе западного Узбекистана. //Экспресс информация ВИЭМСа, М., вып. 19, 1981. С. 31-42.
2. Оранский Н.И. Положение Бозтау-Окжетпесского грабена в региональных структурах Кызылкумов. //Узб. геол. журн. №4, 1984. С.73-75.
3. Михайлов В.В. и др. Карта полезных ископаемых Республики Узбекистан. 2004.
4. Глух А.К. Дистанционная основа гор Букантау. //Геол. и мин. ресурсы, №1, 2008. С.10-19.
5. Тангиров А.И., Урунов Б.Н. и др. Некоторые минералого-геохимические особенности золоторудной минерализации Бозтау-Кокпатас-Окжетпесского тренда. Материалы Респ. науч. конференции «Современные проблемы связи геодинамики, магматизма и оруденения» Ташкент, 2012. С.256-258.

УДК 539.1+622.235.535.2

© Султанов К.С., Оруджов У.С., Горнов В.А., Ишанходжаев З.К., Вечкина Е.А., Абдураимов У.К. 2014 г.

## РАСЧЁТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СЕВЕРНОГО БОРТА КАРЬЕРА КАЛЬМАКЫР МЕТОДОМ КРУГЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ

Султанов К.С., гл. научный сотрудник ИМиСС АН РУз, доктор физ.- мат. наук, профессор; Оруджов У.С., зам. главного инженера по горным работам ОАО АГМК; Горнов В.А., гл. геолог рудоуправления Кальмакыр ОАО АГМК; Ишанходжаев З.К., гл. маркшейдер рудоуправления Кальмакыр ОАО АГМК; Вечкина Е.А., мл. научный сотрудник ИМиСС АН РУз; Абдураимов У.К., ст. научный сотрудник ИМиСС АН РУз.

*Qalmoqqir kar'eri shimoliy bortining turg'unligini aylanma silindrik siljish yuzalari muxandislik usuli orqali hisoblash natijalari keltirilgan. Shimoliy bort va uning pog'onalari turg'unligini ta'minlovchi mustahkamlik parametrlari aniqlangan. Qalmoqqir kar'erining geologik va geofizik tadqiqatlari natijalari asosida shimoliy bortning fizik-mexanik xususiyatlarining o'rganish chegaralari aniqlangan.*

*Tayanch iboralar: kon g' jinsi, kar'er, kar'er borti, pog'ona qiyaligi, bort deformatsiyasi, silgish chiziqlari, bort turg'unligi.*

*Computed results of strength of northern edge of Kalmakyr open pit using engineering method of circular-cylinder surfaces of slippage are presented in this article. The values of rock mass strength parameters of northern edge are determined. Range of changes of physical-mechanical characteristics and mining state of northern edge of Kalmakyr open pit is determined on the basis of geological and geo-physical research results.*

*Key words: rockmass, open pit, edge of open pit, rock incline, edge deformation, slippage line, strength of mine edge.*

Устойчивость бортов карьеров и их уступов в первую очередь зависят от физико-механических характеристик горного массива и горно-механических свойств самого борта. Массив Северного борта карьера Кальмакыр состоит из смеси отдельных горных пород, смешанных с лёссовидными суглинками. Горные породы в основном сиенит-диориты, диориты, гранодиорит порфиры, кварцевые порфиры.

Реальные физико-механические характеристики горного массива Северного борта карьера Кальмакыр определялись на основе геологических, геофизических и лабораторных исследований горных пород и массива в целом, проведённых в [1-6]. Необходимо отметить, что данные о физико-механических характеристиках горных пород Северного борта имеют широкий диапазон изменений. Поэтому в расчётах в основном ориентировались на низкие значения этих характеристик.

Устойчивость бортов карьеров оценивается различными методами [4-7]. Имеются множество указаний и инструкций по обеспечению устойчивости склонов бортов карьеров. В целом устойчивость горного массива борта карьера зависит от горно-механического состояния борта (трещиноватость, блочность, наличие разломов и т.д.), от прочностных характеристик массива горной породы (угол внутреннего трения и коэффициент сцепления), от физико-механических свойств массива горной породы (плотность, модуль деформации, скорости распространения продольных и поперечных волн, коэффициент Пуассона и т.д.), от геометрических характеристик склона борта карьера.

Расчёт и оценка устойчивости борта зависят определяющим образом от точности вышеперечисленных параметров.

Для Северного борта карьера Кальмакыр геометрические характеристики склона борта, а также уступов для трёх выбранных сечений, были определены на основе имеющихся фактических данных. С учётом диапазона изменений физико-

механических и прочностных характеристик горного массива расчёты на устойчивость Северного борта произведены методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения, который основывается на прочностных показателях горного массива (рис. 1-3, табл. 1, 2).

В целом Северный борт, согласно результатам обследований, сложен ослабленными породами, допускающих формирование оползней. Кроме этого, рассматриваемый уступ карьера, который охвачен трещиной, является наиболее неблагоприятным. Кроме воздействия тектонических и геомеханических факторов, на данный участок влияет фильтрация воды из затоплённого карьера, расположенного восточнее рассматриваемого участка.

Из-за сложности решения трёхмерной задачи, а также для последовательного изучения данной сложнейшей проблемы, рассмотрена плоская задача для сечения, охватывающего область откалывающейся массы горной породы.

При проведении расчётов устойчивости горного массива склон борта на расчетном сечении усредняется, так как проведение расчетов с учётом всех уступов склона многократно усложняет рассматриваемую задачу.

Исходя из этих предпосылок геометрия с усреднённым склоном приведена на рис. 1. При этом

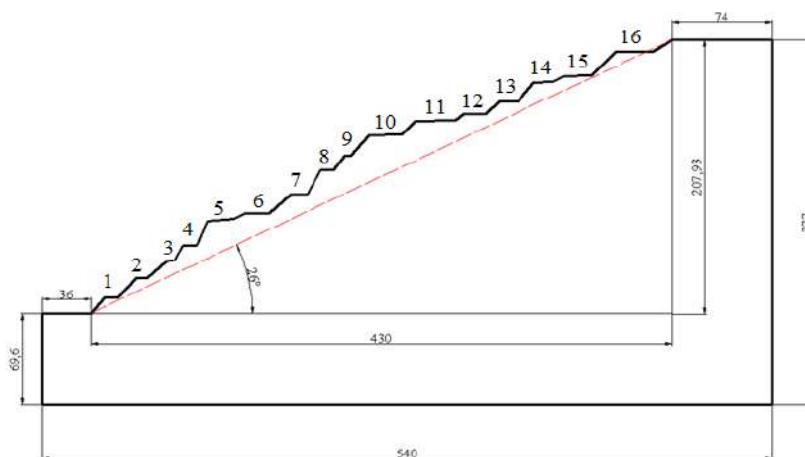


Рис. 1. Расчетная схема и габаритные размеры сечения борта

Таблица 1

Пределы изменения физико-механических характеристик образца и массива горной породы

Горная порода	$\rho$ , g/cm <sup>3</sup>	$V_p$ , m/s	$V_s$ , m/s	$\nu$	$E$ , МПа	$E_c$ , МПа	$E_D$ , МПа	$C$ , МПа	$C_d$ , МПа	$\phi_d$ , градус	$\phi_d$ , градус
Сиенито-диориты	2,6-2,78	1000-1800	400-800	0,33-0,44	1162-4818	544-2261	2200-10 000	5,8-9,2	0,005-0,02	35	20
Диориты	2.5-2,81	1000-1800	400-600	0,33-0,46	679-2614	724-1797	1800-10 400	5,5-9,3	0,005-0,16	33	20
Гранодиорит-порфиры, кварцевые порфиры	2,6-2,71	700-1500	300-500	0,26-0,44	664-1912	634-1417	1800-10 400	8-14	0,005-0,16	37	20

высота склона равняется 207,93 м, ширина склона 430 м, средний угол наклона 26°. Расчётная область с шириной 540 м, высотой 277 м являются размерами области расчета плоской задачи.

Самый верхний 16-ый уступ охвачен оползневой трещиной. Этот уступ имеет высоту 18,1 м, ширину 28 м и угол наклона 45°.

Согласно данным, представленным АГМК, диапазон изменения физико-механических характеристик для образцов горных пород и для массива из этих пород меняется в достаточно широких интервалах (табл. 1), где приняты следующие обозначения:

$\rho$  – плотность (удельный вес), g/cm<sup>3</sup>;

$V_p$  – скорость распространения продольных волн, m/s;

$V_s$  – скорость распространения поперечных волн, m/s;

$\nu$  – коэффициент Пуассона;

$E$  – модуль упругости, МПа;

$E_c$  – модуль деформации, МПа;

$E_D$  – модуль динамической упругости, МПа;

$C$  – коэффициент сцепления в образце, МПа;

$C_d$  – коэффициент сцепления по зонам дробления разломов в массиве, МПа;

$\phi$  – угол внутреннего трения в массиве, градус;

$\phi_d$  – угол внутреннего трения в зонах дробления разломов, градус.

Как видно из табл. 1 физико-механические характеристики горных пород карьера Кальмакыр изменяются существенно в зависимости от рассмотрения самого образца горной породы и массива, состоящего из обломков горных пород и грунтов, а также изменяются в массиве в зонах дробления горной породы.

При проведении расчётов на устойчивость исходим из опасной ситуации, т.е. используем характеристики горного массива, составляющие критические

случаи для устойчивости борта или уступа борта карьера.

Исходя из этих факторов, для проведения расчётов из табл. 1 были выбраны следующие значения физико-механических характеристик для Северного борта карьера Кальмакыр (табл. 2).

Устойчивость борта карьера и его уступов существенно зависит от изменения этих параметров. Значения исходных параметров в зависимости от состояния борта и уступов постоянно меняется. Поэтому в расчётах рассмотрены возможные опасные варианты значений исходных данных, а также устойчивость борта и его уступов при критических значениях физико-механических характеристик горного массива.

Устойчивость бортов карьера, грунтовых массивов рассчитываются и оцениваются тремя способами. Наиболее простым и распространённым из них является инженерный метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Этот метод отличается своей простотой по сравнению с методом Бишопа и другими подобными методами. Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения (МПС), естественно, приближённый и результаты, полученные по данному методу являются достаточно приближёнными. Однако они нужны для ориентировочной оценки устойчивости бортов карьера и для сравнения с результатами численных расчётов, которые естественно нуждаются в обосновании их достоверности. Суть метода МПС, который предложен во многих случаях для расчета устойчивости откосов для каменно-земляных сооружений всех классов, состоит в следующем.

Согласно МПС предполагается, что в откосе может образоваться поверхность обрушения, принимаемая за круглоцилиндрическую, по которой под действием сил веса горной породы произойдет сползание

его и выпучивание основания.

Расчет устойчивости откосов (бортов карьеров) по методу МПС заключается в нахождении таких радиусов и положе-

Таблица 2

Расчётные значения параметров

Параметры	$\rho$ , g/cm <sup>3</sup>	$V_p$ , m/s	$V_s$ , m/s	$\nu$	$E$ , МПа	$E_c$ , МПа	$E_D$ , МПа	$C$ , МПа	$C_d$ , МПа	$\phi_d$ , градус	$\phi_d$ , градус
Реальные значения параметров	1,8-2,0	1000	300-400	0,3	600	500	1800	5,5	0,005-0,035	30	20

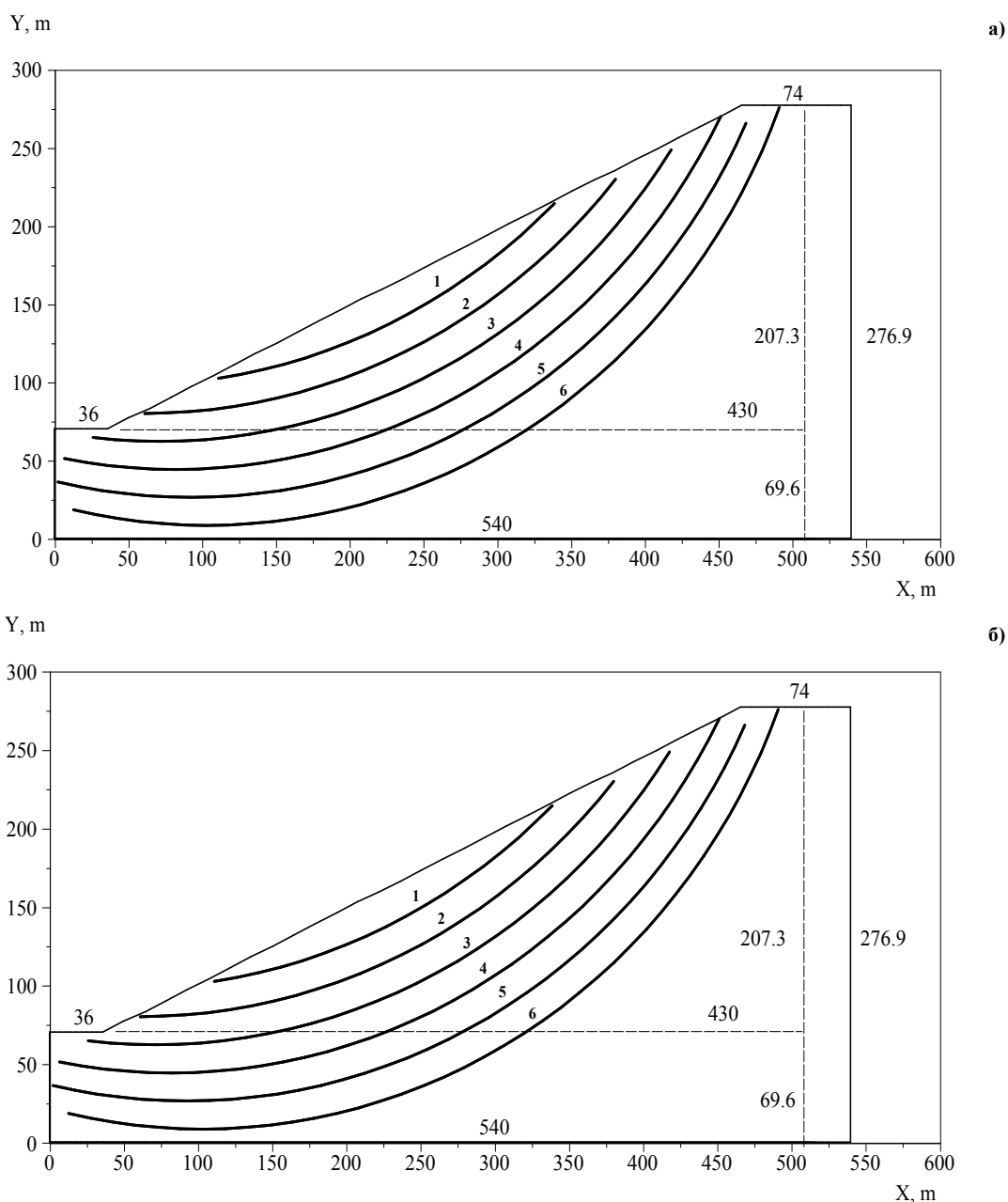


Рис. 2. Расположение кривых скольжения для расчетного сечения Северного борта при  $\alpha=26^\circ$ ,  $\sigma_m=0,035$  МПа,  $\varphi=30^\circ$  (а) и при  $\alpha=26^\circ$ ,  $\sigma_m=0,01$  МПа,  $\varphi=20^\circ$  (б)

ний центров кривых скольжения, при которых коэффициент устойчивости будет наименьшим. Расчет производится для ряда точек центров кривых скольжения, выбираемых в, так называемой, области центров наиболее опасных кривых.

В этой области принимают ряд точек центров, последовательно приближаясь к наиболее опасной области. Из каждой точки проводят окружность скольжения таким радиусом, чтобы на этой поверхности значение коэффициента устойчивости было минимальным.

Коэффициент устойчивости для всей массы гор-

ной породы выше кривой скольжения записывается в виде:

$$K_{уст} = \frac{\sum F_{уд}}{\sum F_{сдв}} = \frac{\sum N \cdot \operatorname{tg} \varphi + \sum c_m}{\sum G \cdot \sin \beta_i}, \quad (1)$$

где  $F_{уд}$  – удерживающая сила;

$F_{сдв}$  – сдвигающая сила;

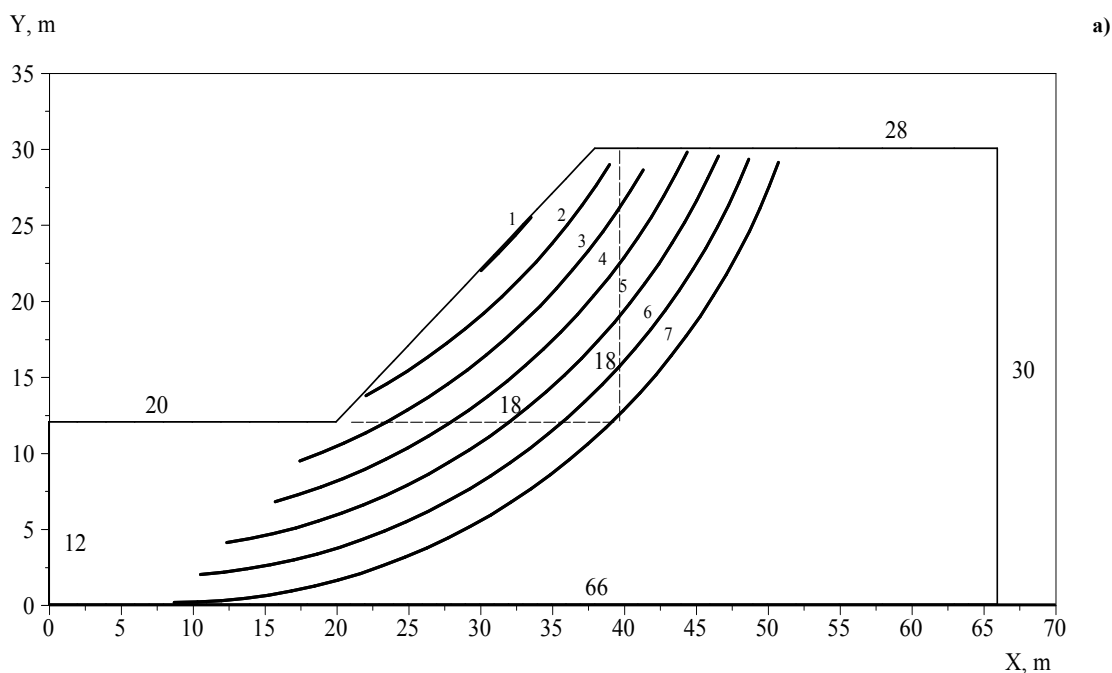
$N=G_i \cdot \cos \beta_i$  – нормальная сила;

$G_i$  – объёмный вес горной породы;

$\varphi$  – угол внутреннего трения;

$c_m$  – сила сцепления в массиве горной породы;

$G$  – объёмный вес горной породы, выше кривой скольжения;



$\beta_i$  – угол, определяющий центр кривой скольжения. Из области центров опасных кривых скольжения можно провести несколько кривых с радиусом  $R$ . В результате на сечении откоса или борта карьера можно получить множество кривых скольжения со значениями собственного коэффициента устойчивости. Также, варьируя значения угла  $\beta$  ( $\text{ctg}\beta = m = b/H_0$ ), определяется картина устойчивости борта карьера или отдельного уступа борта для разных случаев, представляющих наибольшую опасность для устойчивости горного массива.

Рассмотрим результаты расчётов. На рис. 2, а приведены расположения кривых скольжения для расчетного сечения Северного борта карьера Кальмакыр. Угол откоса в данном сечении равен  $\alpha=26^\circ$ .

Значение коэффициента сцепления взято для дробленного массива горной породы  $C_m=0,035$  МПа, т.е. верхний предел значения данного коэффициента. Угол внутреннего трения также, в данном случае, имеет значения верхнего предела (табл. 2).

Для кривых скольжения, согласно формуле (1) при  $K_{уст} \geq 1$ , борт карьера (откос) считается устойчивым, а при  $K_{уст} < 1$ , борт или участок борта по данному кривому скольжению является неустойчивым, т.е. по данному кривому скольжению или по данной круглоцилиндрической поверхности может произойти обрушение.

Для кривых 1-6 значения коэффициента устойчивости следующие:  $K_{уст} = 0,997$  (кривая 1); 1,000 (кривая 2); 1,002; 1,005; 1,008; 1,012 (соответственно для кривых 3-6).

В данном случае выше кривой скольжения 1, массив горной породы является неустойчивым. Это означает, что при значениях коэффициента сцепления  $C_m=0,035$  МПа и угла внутреннего трения  $\varphi=30^\circ$ ,

часть откоса Северного борта может обрушаться. При расчётах удельный вес массива горной породы Северного борта принято  $\gamma=1800$  т/м<sup>3</sup> (1,8 г/см<sup>3</sup>). Данное значение удельного веса для массива горной породы существенно низко.

Однако, учитывая то, что горная масса Северного борта состоит в основном из лёссовидных суглинков, было принято данное значение  $\gamma$ , соответствующее именно значению лёссового грунта. Это сделано в целях расчёта значения коэффициента устойчивости для самого, возможно, опасного случая.

В случае вариантов расчёта со значениями  $C$  и  $\varphi$ , близкими к нижнему пределу возможных значений данных коэффициентов (табл. 2), картина изолиний коэффициента устойчивости резко меняется (рис. 2, б). При значениях  $C_m=0,01$  МПа,  $\varphi=20^\circ$  (рис. 2, б) откос Северного борта полностью является неустойчивым ( $K_{уст} \approx 0,61 < 1$ ).

Это означает, что для Северного борта карьера Кальмакыр значения коэффициента сцепления  $C_m=0,035$  МПа и угла внутреннего трения  $\varphi=30^\circ$  являются предельными. При уменьшении этих параметров ниже этих значений могут возникать опасные ситуации, угрожающие оползневыми явлениями на склоне Северного борта карьера.

Значения параметров  $C_m$  и  $\varphi$ , существенным образом влияющих на устойчивость горного массива борта, имеют широкий диапазон разброса. Поэтому первоначальное значение имеют фактически точные значения этих параметров для оценки устойчивости борта карьера.

При низких предельных значениях данных параметров борт карьера, согласно вышеприведённым данным, может потерять устойчивость.

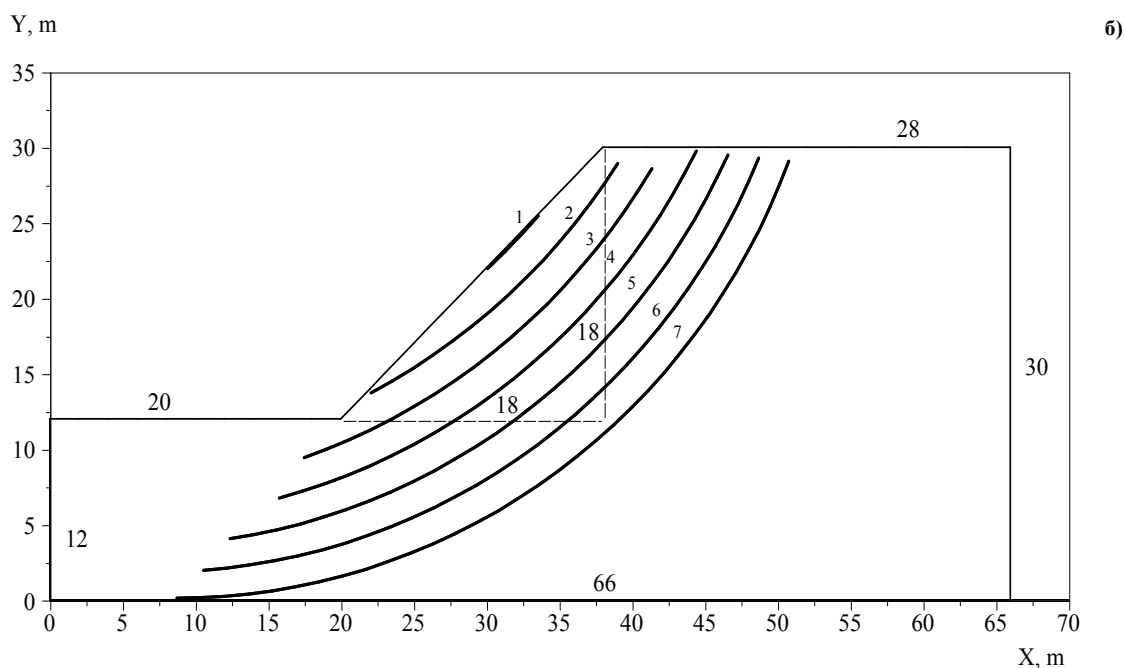


Рис. 3. Расположение кривых скольжения для 16-го уступа Северного борта при  $\alpha=45^\circ$ ,  $C_m=0,0235$  МПа,  $\varphi=25^\circ$  (а) и при  $\alpha=45^\circ$ ,  $C_m=0,01$  МПа,  $\varphi=20^\circ$  (б)

Визуальный осмотр Северного борта показал, что 16-ый уступ охвачен существенной трещиной. Исходя из этой ситуации, уступ Северного борта рассчитывался на устойчивость отдельно.

Здесь также были определены предельные значения коэффициентов  $C_m$  и  $\varphi$ , при которых уступ остается устойчивым.

На рис. 3, а приведены изолинии коэффициента устойчивости 16-го уступа при значениях  $C_m = 0,0235$  МПа и  $\varphi = 25^\circ$ . Здесь угол откоса данного уступа  $\alpha = 45^\circ$ , при этом высота уступа 18 м и ширина уступа 18 м.

Расчётная область 16-го уступа составляет массив горной породы с высотой 30 м, шириной 66 м, бермами 20 и 28 м, высота нижней бермы 12 м. На рис. 3, а для кривой 1 0,998, для кривых 2-9, 1,006; 1,015; 1,026; 1,037; 1,049 и 1,064 соответственно.

При рассматриваемых значениях  $C_m$  и  $\varphi$  уступ борта, охваченный разломом – закольцованной деформацией, ещё является устойчивым ( $K_{уст} \geq 1,0$ ).

Уменьшение значений  $C_m = 0,01$  МПа, а  $\varphi$  до  $20^\circ$  (рис. 3, б) приводит сразу к резкой потере устойчивости уступа ( $K_{уст} \approx 0,66$ ). Здесь кривые 1-6 соответственно относятся значениям 0,651; 0,653; 0,655; 0,658; 0,660; 0,663; 0,666.

Значения  $C_m = 0,0235$  МПа и  $\varphi = 25^\circ$  при  $\gamma = 1800$  т/м<sup>3</sup> и  $\alpha = 45^\circ$  являются предельными значениями для данного 16-го уступа, при которых уступ остаётся устойчивым. По разным причинам, например, при увеличении влажности массива горной породы под влиянием осадков или фильтрационных вод уступ № 16 может потерять устойчивость. Это означает необходимость

постоянного мониторинга за горно-механическим состоянием 16-го уступа Северного борта, а также изменениями его физико-механических характеристик.

Как показывают результаты расчётов на ЭВМ, по разработанной программе на Delphi, по инженерному методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения (МПС), устойчивость Северного борта карьера Кальмакыр, а также его уступа, охваченного деформацией (просадкой), в первую очередь, зависят от физико-механических характеристик горного массива ( $C_m$  и  $\varphi$ ) и от геометрических (угол откоса  $\alpha$ ) параметров в целом горного массива борта.

Поэтому, по возможности, точное определение физико-механических, горно-механических характеристик массива борта имеет первостепенное значение.

Выводы:

1. Северный борт карьера Кальмакыр в пределах разброса горно-механических характеристик массива горных пород под действием собственного веса является устойчивым.

2. Определены параметры прочности горного массива при разных углах откоса и его уступа, при которых устойчивость Северного борта под действием собственного веса сохраняется.

3. Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения, который основан на прочностных характеристиках горного массива при определении их устойчивости, позволяет рассмотрение различных возможных поверхностей обрушения и более обоснованного прогнозирования устойчивости откосов.

## СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВИБРАЦИИ И КОЛЕБАНИЙ КНК-270

**Халикулов Э.Х.**, директор Центрального рудоуправления НГМК; **Султанов К.С.**, гл. научный сотрудник ИМиСС АН РУз, доктор физ.- мат. наук, профессор; **Исмаили Х.М.**, мл. научный сотрудник ИМиСС АН РУз; **Логинов П.В.**, мл. научный сотрудник ИМиСС АН РУз.

*KNK-270 kompleksini tebranishi va titrashini nazorat qilish hamda tebranish va titrash parametrlarini yozib olishda foydalanish uchun Analog Devices inc (adi) kompaniyasining iMEMS texnologiya bo'yicha tayyorlangan bir kristalli integral akselerometrlari tahlil qilindi. Dinamik kuchlar ta'siridan tik-qiya konveyerning tebranish va titrashini, uning tayanchlarida va konstruksiyasida joylashadigan vibro o'lchagichlar ma'lumotlarini to'plash va qayta ishlash usuliga asosan tebranish va titrash parametrlarini nazorat etuvchi avtomatik tizim strukturaviy loyihasi ishlab chiqildi.*

*Tayanch iboralar: Tog' jinslari, kar'er borti, tik-qiya konveyer, dinamik kuchlar, tebranish parametrlari, o'lchagichlar, o'lchash tizimi, nazorat usuli.*

*Characteristics of single-crystal integral accelerometers of Analog Devices Inc. (ADI) have been analyzed; the analysis was conducted according to iMEMS technology, which registers the parameters of oscillations and vibrations from the point of view of reliability of their application to control oscillations and vibrations of high angle conveyor KNK-270. On the basis of accumulation method and processing of signals from vibration gauges a structural scheme of the project of automated control system of oscillation and vibration parameters on supports and structure of high angle conveyor itself was worked out to study the effect of explosive, technological and seismic loads.*

*Key words: Rock soil, side of open pit, high angle conveyor, dynamic loads, oscillation parameters, gauges, system of measurements, methods of control.*

Обеспечение безопасности функционирования инженерного комплекса КНК-270 при динамических нагрузках, возникающих в условиях ведения горных работ на карьере Мурунтау и устойчивости Восточного борта карьера, на склоне которого расположен конвейер, требует создания системы непрерывного мониторинга за его состоянием [1-4].

Главным в прогнозировании, позволяющем своевременно выявлять и предупреждать возникновение критических ситуаций, является система мониторинга, состоящая из аппаратно-программного комплекса для ЭВМ, который обрабатывает, создаёт и хранит базу данных сигналов от датчиков (рис. 1).

Рассмотрим перечисленные выше основные элементы системы мониторинга. Вопросы устойчивости бортов карьера Мурунтау с КНК-270 рассмотрены в [5-9].

Широкое распространение по всему миру получили датчики, основанные на микроэлектромеханических системах (МЭМС). Популярность данных устройств обусловлена рядом причин, основными из которых являются простота их использования, относительно низкая цена и малые габариты. МЭМС-датчики, как правило, оснащаются интегрированной электроникой обработки сигнала и не имеют движущихся частей. Этим обуславливается их высокая надёжность и способность обеспечивать стабильные показания в достаточно жестких условиях окружающей среды (перепады температур, удары, влажность, вибрация, электромагнитные и высокочастотные помехи). Совокупность данных преимуществ побуждает использовать их в различных сферах [10].

С целью значительного снижения стоимости проекта системы мониторинга следует рассмотреть возможность использования однокристалльных интегральных акселерометров компании Analog Devices Inc. (ADI), выполненных по технологии iMEMS, которые покрывают практически все области применения устройств подобного типа. Высокие рабочие характеристики, малое энергопотребление, интегрированная функциональность обработки сигнала, возможность калибровки и программирования, миниатюрность, низкая цена - все это делает акселерометры ADI чрезвычайно привлекательными для широкого спектра новых разработок.

В данной статье рассматривается реализация системы мониторинга вибрации и колебаний крутонаклонного конвейера КНК-270 и его элементов на основе комбинации трехосевых акселерометров и продвинутых средств обработки сигналов во временной и частотной областях.

С целью значительного снижения стоимости проекта рассмотрена возможность использования однокристалльных интегральных акселерометров компании Analog Devices Inc. (ADI), выполненных по технологии iMEMS. Высокие рабочие характеристики, малое энергопотребление, интегрированная функциональность обработки сигнала, возможность калибровки и программирования, миниатюрность, низкая цена - все это делает акселерометры ADI чрезвычайно привлекательными для широкого спектра новых разработок.

Компания Analog Devices выпускает широкий спектр акселерометров. Существуют акселерометры с одной,

двумя и тремя осями чувствительности, рассчитанными на максимальное ускорение от 1 до 250 g. Существуют версии с коммерческим и индустриальным диапазоном рабочих температур.

Семейство ADIS – это интегрированные устройства, в которых сенсор и электроника реализованы на едином кристалле. Серия ADIS16xx представляет полнофункциональные подсистемы измерения вибраций на основе комбинаций двух или трехосевых акселерометров и продвинутых средств обработки сигнала во временной и частотной областях (табл. 1).

При выборе акселерометра необходимо иметь в виду диапазон измеряемых ускорений, требуемое разрешение, температурную стабильность и частотный диапазон. Для устройств, работающих в специальных условиях, необходимо также учитывать диапазон рабочих температур и величину максимально допустимой перегрузки. Превосходные характеристики рассматриваемых датчиков основаны на технологии емкостного измерения и хорошо подходят для определения малых изменений в движении. Чувствительный элемент для определения ускорения сделан из монокристаллического кремния и стекла. Это обеспечивает сенсору исключительную надежность, высокую точность и устойчивость показаний по отношению к воздействию времени и температуры. На основе проведенного анализа напряженно-деформированного состояния параметров колебаний конструкции КНК-270 и его опор, определены места установки вибрационных датчиков на самой конструкции и опорах КНК-270, а также сформулированы основные требования к параметрам датчиков, регистрирующим параметры колебаний КНК-270 при воздействии динамических нагрузок.

В качестве преимуществ технологии iMEMS (integrated Micro Electro Mechanical Systems) можно выделить следующие [11, 12]:

- использование монокристаллического кремния для изготовления МЭМС (идеально упругий материал: нет пластической деформации, выдерживает до 70000 g циклов ускорений);
- емкостной принцип действия датчиков (обеспечивает прямое измерение отклонения в зависимости от большого числа вариантов величины зазора между двумя плоскими поверхностями; при этом емкость или заряд на паре пластин зависят от ширины зазора между ними и площади пластины);
  - высокий уровень точности и стабильности;
  - легкая диагностика при помощи ограниченного числа конденсаторов;
  - низкая потребляемая мощность;
  - высокая герметичность датчиков (позволяет снизить требования к упаковке; обеспечивает высокую надежность, так как частицы или химические вещества не могут попасть в элемент);
  - симметричные структуры элементов (улучшенная стабильность нуля акселерометра, линейность и чувствительность по оси; низкая зависи-

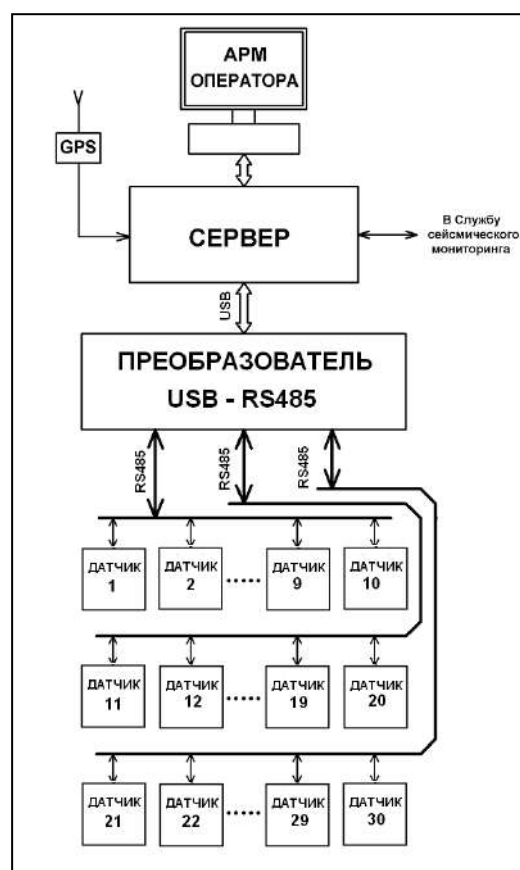


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга круто-наклонного конвейера КНК-270

мость показаний от температуры; нелинейность обычно ниже 1%; чувствительность по оси обычно не превышает 3%);

– возможность производств датчиков по индивидуальному заказу (получение конкретных уровней чувствительности и частотных характеристик, необходимых заказчику; гибкие, двухчиповые решения);

– реальные 3D-структуры (большие защитная масса и емкость обеспечивают высокую производительность при работе в диапазоне измерений при малых g; хорошая стабильность по «0» и низкое влияние шума на показания датчика; образование 3D-сенсорных элементов).

Исходя из разработанных в [5-9] требований к параметрам и характеристикам необходимых датчиков, регистрирующих параметры колебаний и вибраций опор и пролётов КНК-270, а также преимуществ технологии iMEMS, выбраны: ADIS16228 - цифровой трехосевой датчик вибраций с анализом БПФ и внутренней памятью, ADIS16229 - МЭМС датчик вибраций с встроенным приемопередатчиком, ADIS16000 - беспроводной узел шлюза для удаленного датчика.

При выборе акселерометра необходимо иметь в виду диапазон измеряемых ускорений, требуемое разрешение, температурную стабильность и частотный диапазон. Для устройств, работающих в специальных условиях, необходимо также учитывать диапазон ра-

Таблица 1

Семейство акселерометров ADIS

Серия	Тип выхода	Оси чувствительности	Диапазон	Полоса -3dB	Напряжение питания (V)	Чувствительность	Погрешность чувствительности (%)	Датчик температуры	Корпус
ADIS16003	SPI	X, Y	+/- 1.7g	2.25KHz	3 to 5.25	1.22 mg/LSB	7	Есть	7mm x 7mm LGA
ADIS16006	SPI	X, Y	+/- 5g	2.25KHz	3 to 5.25	3.91 mg/LSB	6	Есть	7mm x 7mm LGA
ADIS16201	SPI	X, Y	+/- 1.7g	2.25KHz	3 to 3.6	0.10 °/LSB	1	Есть	9 mm x 9mm LGA
ADIS16204	SPI	X, Y	+/- 70g X & +/- 37g Y	40Hz	3 to 3.6	17.13 mg/LSB	-	Есть	9 mm x 9mm LGA
ADIS16210	SPI	X, Y, Z	+/- 1.7g	50Hz	3.15 to 3.6	-	0.21	Есть	-
ADIS16223	SPI	X, Y or Z	+/- 70g	14.25KHz	3.15 to 3.6	4.768 mg/LSB	5	-	-
ADIS16227	SPI	X, Y, Z	+/- 70g	9KHz	-	-	5	-	-
ADIS16228	SPI	X, Y, Z	от 0 g до +/- 1 g/5 g/10 / 18g	5KHz	3.15 to 3.6	0.305 mg/LSB	6	Есть	15 mm × 24 mm × 15 mm
ADIS16229 Модуль беспроводного узла датчика МЭМС	SMA	X, Y	от 0 g до +/- 1 g/5 g/10 / 18g	5KHz	3.15 to 3.6	0.305 mg/LSB	6	Есть	Печатная плата 47.0 mm x 37.6 mm x 22.6 mm с антенным разъемом SMA
ADIS16000 Модуль беспроводного узла шлюза	SPI, UART, SMA								Печатная плата 47.0 mm x 37.6 mm x 22.6 mm с антенным разъемом SMA
ADIS16240	SPI	X, Y, Z	+/- 18g	1.6KHz	2.4 to 3.6	51.4 mg/LSB	-	-	12 mm x 12 mm BGA

бочих температур и величину максимально допустимой перегрузки.

Превосходные характеристики рассматриваемых датчиков основаны на технологии емкостного измерения и хорошо подходят для определения малых изменений в движении. Чувствительный элемент для определения ускорения сделан из монокристалльного кремния и стекла. Это обеспечивает сенсору исключительную надежность, высокую точность и устойчивость показаний по отношению к воздействию времени и температуры. В рассматриваемых типах трехосевых акселерометров принцип определения ускорения достаточно прост и надежен.

Рабочие принципы сенсоров различаются в зависимости от того, по какому принципу определяется движение между телом и инерционной массой (ИМ). В емкостном сенсоре тело и ИМ изолированы друг от друга и их емкость или емкостной заряд измеряются. Когда дистанция между ними уменьшается, емкость увеличивается и электрический ток идет по направле-

нию к сенсору. В случае, когда расстояние увеличивается, наблюдается обратная ситуация: сенсор преобразует ускорение тела в электрический ток, заряд или напряжение.

При воздействии на подвижный элемент сенсора массой  $m$  силы  $F=m \cdot a$  возникает смещение  $x$ , пропорциональное ускорению [12]:

$$x = m \cdot \frac{a}{\beta} = a \cdot \omega_0^{-2},$$

где  $\beta$  - жесткость подвески;

$a$  - ускорение смещения сенсора;

$\omega_0$  - собственная частота колебаний сенсора, определяющая чувствительность механической части системы.

Типичное значение резонансной частоты акселерометра редко превышает 10 kHz, частоты подаваемого сигнала - 100 kHz. Выходным сигналом преобразователя после соответствующей обработки сигнала с сенсорной части является напряжение, линейно свя-

званное с величиной ускорения или сигнал широтно-импульсной модуляции (ШИМ), при котором ускорение также пропорционально отношению длительности импульса к периоду последовательности.

Частотный диапазон акселерометра определяется собственной частотой сенсора  $\omega_0$ . Частотная характеристика (без учета потерь энергии колебаний) определяется зависимостью вида:

$$A(\omega) = A_0 / (\omega^2 - \omega_0^2),$$

где  $A_0$  - сигнал датчика при постоянном воздействии. Соответственно границу полосы по уровню 3 дБ (3ДБ) можно выразить как (3ДБ) 0,54.

Следует отметить, что датчик может использоваться при более высоких частотах, чем  $\omega_{3дБ}$ , особенно в узкой полосе частот. При этом необходим учет изменения чувствительности с частотой. Измерения ускорения редко ведутся во всем частотном диапазоне. Можно выделить низкочастотные приложения (с верхней граничной частотой 10-100 Hz) и динамические, когда выделяется сигнал в полосе более высоких частот.

Специализация датчика по применению позволяет искусственно ограничить полосу рабочих частот, что приводит к существенному снижению суммарного шума. В динамических приложениях часто используется ограничение частоты снизу (например, RC-цепочкой, где емкость является разделяющей), что устраняет проблему смещения нуля. Диапазон частот настраивается при помощи соответствующего аналогового фильтра или с использованием цифровой фильтрации.

ADIS16228 – это полнофункциональная подсистема измерения вибраций на основе комбинации трехосевого акселерометра и продвинутых средств обработки сигнала во временной и частотной областях. Функции обработки сигнала во временной области включают в себя программируемый децимирующий фильтр и возможность выбора пользователем оконной функции точек, выполняемых по каждой оси измерения и усреднение результатов, которое позволяет уменьшить изменения шумового порога и повысить разрешение. Подсистема памяти, рассчитанная на хранение 14 выборок, дает пользователю возможность отслеживать изменения сигнала в частотной области во времени, а также производить сбор и анализ с несколькими различными настройками децимирующего фильтра.

Благодаря частоте дискретизации 20,48 kSPS и равномерной частотной характеристике в полосе 5 kHz компонент хорошо подходит для различных задач диагностики секций опор КНК-270. Алюминиевый корпус обеспечивает превосходную механическую связь с датчиками ускорения, выполненными по технологии МЭМС. Выборка данных и работа системы обработки сигнала во всех режимах управляются внутренним тактовым сигналом, что избавляет от необходимости во внешнем источнике синхронизации. Сбор данных может осуществляться в трех режимах, удовлетворяющих потребностям самых раз-

нообразных приложений. Кроме того, компонент поддерживает работу в режиме реального времени, обеспечивающем непосредственный доступ к потоку оцифрованных данных по одной из осей. Порт SPI и буфер данных упрощают доступ к результатам измерений. ADIS16228 также выдает показания цифрового датчика температуры и измерения напряжения питания.

ADIS16228 выпускается в виде модуля, имеющего габариты 15 mm × 24 mm × 15 mm, с фланцами, отверстиями под крепежные винты M2 и универсальным соединителем, который упрощает установку и подключение компонента. ADIS16228 совместим по габаритам и выводам с ADIS16210. Он работает в расширенном температурном диапазоне от -40 °C до +125 °C.

Модули ADIS16000 и ADIS16229 позволяют создать простую сеть для измерения вибраций в разнообразных конструкциях. ADIS16000 обеспечивает функцию шлюза, который управляет сетью, а ADIS16229 - функцию удаленного измерения. Экспериментальные данные (ЭД), поступающие от датчиков ускорения в виде электрических сигналов, обрабатываются и трансформируются на фактические физические величины. Для обработки и хранения ЭД разработан программный комплекс. Программный комплекс диагностики и мониторинга состояния КНК состоит из модулей создания, хранения и обработки базы данных сигналов и определения основных характеристик колебания и вибрации объекта. Программный комплекс обеспечивает оперативный неразрушающий контроль и мониторинг состояния несущих конструкций и сооружений КНК при решении задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Диагностический комплекс позволяет производить измерение вибрации и колебания в частотном диапазоне от 0,1 до 400 Hz, измерять собственные резонансные частоты сооружений и их элементов, получать кривые пространственного распределения амплитуд основных форм колебаний и отображать состояние конструкции в трехмерном виде. Управление сбором данных, их обработка и анализ производятся с помощью специального программного обеспечения, входящего в состав комплекса.

Программный комплекс позволяет производить вибромониторинг КНК, заключающийся в регистрации и анализе вибрации опор и конструкций, вызванной динамической нагрузкой и другими техногенными и природными факторами. Программный комплекс должен управлять всеми функциями системы, визуализации, обработки, анализа данных с использованием различных алгоритмов цифровой обработки сигналов во временной и частотной областях. Программный комплекс должен позволять выполнение следующих функций:

- обработка и анализ данных;
- создание отчетов об испытаниях и архива данных;

– визуализацию и анализ зарегистрированных сигналов с использованием различных алгоритмов цифровой обработки сигналов во временной и частотной областях анализа;

– выбор для анализа наиболее информативных участков сигналов с наивысшим соотношением сигнал/шум. С этой целью обеспечивается анализ трехмерных представлений сигналов в виде измененных частотных спектров сигналов во времени;

– запись исходных сигналов, сохранение результатов измерений для отображения в численном и графическом виде.

Данные записываются в файл с расширением «.xls», открываемом программами «Просмотр результатов» и «Галерея сигналов», а также любым текстовым редактором. При создании базы данных на диске сохраняется копия файла. Для сохранения результатов работы программ «Взаимный корреляционный анализ» и других, имеющих поле для графического отображения информации, можно воспользоваться кнопкой «Запись», расположенной, как правило, в правой части главного окна программы. Информацию можно копировать в буфер обмена комбинацией клавиш <Ctrl>+<C> и вставлять в протоколы об испытаниях. Для автоматического создания отчетов по заданному шаблону можно воспользоваться компонентами «Отчет» или «Документ Excel». В файле отчета могут сохраняться численная или графическая информация и заноситься выводы по результатам измерений. Итак, мы имеем первичный преобразователь (трехкомпонентный датчик), сейсмостанцию (в приближении – это плата АЦП + промышленный компьютер, обеспечивающий математическую обработку и передачу данных на верхний уровень по технологии OPC). Задача состоит в том, чтобы обработать сигнал в реальном времени или записать исходный сигнал, проанализировать его и однозначно оп-

ределить наличие события (землетрясение), если событие обнаружено, то необходимо указать время его начала с минимальной погрешностью, но также необходимо указать и длительность события. Программа также предназначена для проведения взаимного корреляционного анализа сигналов, поступающих с входных каналов анализаторов спектра в реальном масштабе времени или в режиме просмотра записанных временных реализаций и для просмотра различных корреляционных характеристик сигналов. На рис. 1 приведена общая структурная схема системы мониторинга вибрации, которая обеспечивает по 3 линиям связи с интерфейсом RS485 обмен данными между сервером и датчиками по трем двухпроводным линиям связи в полудуплексном режиме 30 удаленных МЭМС датчиков. Датчики объединены преобразователем USB - RS485 с целью процесса получения информации о параметрах колебаний и вибраций на опорах и секциях при динамических или сейсмических нагрузках. Таким образом, на основе анализа существующих типов вибродатчиков был выбран, обоснован трехосный виброакселерометр с параметрами, которые соответствуют использованию в системе мониторинга колебаний конвейера при динамических воздействиях. Разработаны программы для ЭВМ по созданию, хранению и обработке базы данных сигналов вибродатчиков, регистрирующих параметры колебаний самой конструкции и опор КНК-270 при динамических нагрузках, возникающих в условиях ведения горных работ на карьере Мурунтау и при возможных сейсмических нагрузках, которые являются основой системы мониторинга вибраций и колебаний опор и самой конструкции КНК-270, позволяющей своевременно выявлять и предупреждать возникновение критических ситуаций при ведении горных работ на карьере Мурунтау.

#### Список литературы:

1. Силкин А.А., Кольцов В.Н., Шеметов П.А., Жиянов Ю.А., Иноземцев С.Б. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах Узбекистана. Под ред. Н.И. Кучерского // «Фан». Ташкент, 2005. – с. 230.
2. Полищук С.Э., Лашко В.Т., Кучерский Н.И., Сытенков В.Н., Мальгин О.Н., Шеметов П.А. и др. Прогноз устойчивости и оптимизация параметров бортов глубоких карьеров // Изд-во «Полиграфист». Днепропетровск, 2001. – с. 372.
3. Санакулов К.С., Шеметов П.А. Развитие циклично-поточной технологии в транспортной системе глубоких карьеров с применением крутонаклонных конвейеров // Горный вестник Узбекистана. - Навои, 2011.-№ 2.- с.14-18.
4. Санакулов К.С., Шеметов П.А., Киченко В.И. Особенности технологии монтажа крутонаклонного конвейера // Горный вестник Узбекистана. Навои, 2011.-№ 2.- с.18-26.
5. Халикулов Э.Х., Султанов К.С. Саламова К.Д., Руми Д.Ф., Умаров Ф.Я. Устойчивость северо-восточного борта карьера Мурунтау с комплексом КНК-270/3500 // Горный вестник Узбекистана, . Навои, 2012. - № 3. – с. 61-65
6. Халикулов Э.Х., Султанов К.С., Руми Д.Ф. Динамические характеристики КНК-270/3500 при возникающих воздействиях в условиях карьера Мурунтау // Горный вестник Узбекистана. Навои, 2012. - № 3. – с. 58-61
7. Халикулов Э.Х., Султанов К.С., Руми Д.Ф., Логинов П.В. Устойчивость бортов карьера Мурунтау от воздействия динамических нагрузок // Горный вестник Узбекистана. Навои, 2012. - № 4. – с. 85-88
8. Халикулов Э.Х., Султанов К.С., Логинов П.В. Влияние динамических нагрузок на КНК-270 и технологических – на горный массив борта карьера от КНК-270 // Горный вестник Узбекистана. Навои, 2013. - № 1. – с. 21-24
9. Халикулов Э.Х., Султанов К.С., Руми Д.Ф., Логинов П.В. Устойчивость уступов борта карьера Мурунтау с учетом нагрузок от КНК-270 // Горный вестник Узбекистана. Навои, 2013. - № 2. – с. 102-105
10. Казакевич А. Акселерометры Analog Devices. Устройство, применение и непрерывное обновление // «Компоненты и технологии» 2007. № 5-с.46-50.
11. Власенко А. Analog Devices: Обзор датчиков iMEMS с цифровым выходом // «Компоненты и технологии» 2008. № 1-с.36-38.
12. Крекотень Ф. Современные МЭМС-гироскопы и акселерометры // "Петербургский журнал электроники" № 1 за 2011 г.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ СОЛЕЙ РОДАНИСТОГО АММОНИЯ И ТИОМОЧЕВИНЫ

Саидов Т.М., зам. председателя правления ОАО «Навоиазот», канд. техн. наук; Бахронов Х.Ш., и.о. профессора кафедры «Химическая технология» НГГИ, докт. техн. наук; Умаров Д.Н., начальник цеха ОАО «Навоиазот»

*Maqolada o`tkazilgan nazariy va tajriba tadqiqotlari natijalari asosida tiomochevina ishlab chiqarishidagi ammoniy rodanid va tiomochevina tuzlari eritmasini suvsizlantirish qurilmasining sxemasi ishlab chiqilganligi va u sanoat sharoitida sinab ko`rilayotganligi to`g`risidagi ma`lumotlar keltirilgan.*

*O`tkazilgan dastlabki sanoat sinovlari o`rnatilgan bug`latish q`urilmasining oldingisiga nisbatan yuqori samaradorlikka ega ekanligini tasdiq`lagani qayd etilgan.*

*Tayanch iboralar: qurulma sxemasi, tuzlarni suvsizlantirish qurulmasi, ammoniy radionit, tiomochevina, bug`lantirish qurulmasi, samaradorlik, sanoat sinovlari.*

*Theoretical and experimental research findings and developed plant layout for dehydration of ammonium rhodanate and thiourea salts solution on the basis of thereof are presented in this article.*

*Advantages and disadvantages of modern evaporating apparatus are specified. It is also mentioned that previously conducted industrial tests proved high performance of the installed evaporation plant as compared to the previous one.*

*Key words: plant layout, dehydration of salt solutions, evaporating apparatus, performance, industrial tests.*

С целью увеличения локализуемой продукции и возросшей потребностью в тиомочевине Навоийского ГМК принято решение увеличить мощность существующей установки получения тиомочевины от 900 до 3000 т/год [1].

Одной из основных лимитирующих стадий технологии получения тиомочевины является обезвоживание раствора солей роданистого аммония и тиомочевины. Установка обезвоживания состоит из двух выпарных аппаратов, конденсаторов вторичных паров, вакуум насоса и другого вспомогательного оборудования. Первый выпарной аппарат работает в режиме с кипением в трубах, а второй является пленочным.

Производительность выпарного оборудования зависит от интенсивности теплообмена в греющих камерах. В вертикальных, трубчатых греющих камерах выпарных аппаратов, обогреваемых паром, величина коэффициента теплопередачи определяется величиной частных коэффициентов теплоотдачи. В обычно применяемых гладких теплообменных трубах величина частного коэффициента теплоотдачи от стенки трубы к раствору меньше, чем коэффициент теплоотдачи при конденсации насыщенного пара и не превышает значения 1200–2000 W/(m<sup>2</sup>·K). В связи с этим представляет практический и теоретический интерес интенсивность теплопереноса со стороны кипящего раствора.

Нами ранее были проведены экспериментальные исследования по определению эффективности работы выпарных аппаратов с кипением в трубах, с вынесенной зоной кипения и пленочного выпарного аппарата [2]. Было установлено, что наиболее эффективными

являются выпарные аппараты со стекающей пленкой и с кипением в трубах.

Наряду с высокой тепломассообменной эффективностью пленочные аппараты стабильно могут работать при небольших значениях полезной разности температур. Отсутствие циркуляции и большая скорость движения выпариваемого раствора по трубкам обуславливает небольшое время пребывания его в аппарате. В них отсутствует статический напор жидкости, и процесс кипения идет без повышения температуры, что особенно важно при выпаривании под вакуумом. Кипение в пленке, а не в объеме поднимается раствора, предупреждает образование пены. Поэтому применение данных аппаратов особенно целесообразно при выпаривании пенящихся растворов, а также растворов, не терпящих перегрева и чувствительных к длительному нагреванию. Недостатком этих аппаратов является то, что в них нужно поддерживать постоянный термо- и гидродинамический режимы, так как при недостаточной подаче раствора здесь возможно обсыхание стенок, что совершенно недопустимо из-за обрастания их слоем кристаллов, а при избыточной подаче - уменьшение концентрации упаренного раствора.

При работе выпарных аппаратов с кипением в трубах совместное воздействие на теплообмен определяется значениями их режимных параметров: тепловой нагрузки, скорости циркуляции, концентрации раствора и его нагрева до состояния насыщения. Это воздействие проявляется через механизм формирования и перераспределения по высоте кипящей трубы зон с типовыми режимами кипения. Характери-

стикой перераспределения этих зон может являться кажущийся уровень заполнения трубы, измеряемый наиболее просто по водомерному стеклу. Он является функцией всех указанных режимных параметров процесса.

При определенной совокупности величин режимных параметров, значения длины экономайзерного участка и зоны ухудшенной теплоотдачи в кипяtilьной трубе принимают минимальные величины, что обеспечивает высокие, усредненные по поверхности трубы, коэффициенты теплоотдачи. При кипении растворов одних и тех же концентраций, постоянном давлении вторичного пара коэффициенты теплоотдачи, как показали результаты проведенных исследований, определяются оптимальной скоростью циркуляции раствора. Сама скорость циркуляции раствора зависит от величины пьезометрического уровня раствора в трубе. Пьезометрический уровень, при котором достигается максимальное значение среднего по длине трубы коэффициента теплоотдачи, называют оптимальным кажущимся уровнем  $h_{к.опт}$ .

Устанавливая определенные соотношения между количествами теплоты и раствора, подаваемых в аппарат, можно добиться высоких коэффициентов теплоотдачи, в том числе, в аппаратах, выпаривающих раствор высокой концентрации.

Оптимальный режим при  $\alpha_{max}$  может достигаться при одновременном возрастании плотности теплового потока и увеличении скорости циркуляции раствора. При этом, в случае достижения критических тепловых нагрузок, повышение скорости циркуляции приводит к уменьшению влияния плотности теплового потока на коэффициент теплоотдачи.

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований была выбрана следующая

схема трехкорпусной выпарной установки для обезвоживания раствора солей роданистого аммония и тиомочевины. Первый и второй корпуса работают при вакууме до 0,8 МПа в режиме с кипением в теплообменных трубах. В качестве третьего корпуса принято применять пленочный выпарной аппарат. С целью интенсификации тепломассообмена (выпарки и сушки расплава) в последнем корпусе была предусмотрена подача горячего азота в центральную часть теплообменных труб.

С целью определения эффективности новой выпарной установки были проведены промышленные испытания. Главной целью теплотехнического исследования режимов работы выпарных аппаратов являлось изучение теплообмена в аппарате и определение коэффициента теплопередачи. Последний определяли из основного уравнения теплопередачи:

$$K=Q/(F \cdot \Delta t_{пол}),$$

где  $Q$  – тепловая нагрузка,  $W$ ;

$F$  – поверхность теплообмена выпарного аппарата,  $m^2$ ;

$\Delta t_{пол}$  – полезная разность температур,  $^{\circ}C$ .

Из уравнения теплового баланса соответствующего выпарного аппарата определяли количество теплоты ( $Q$ ) и полезную разность температур ( $\Delta t_{пол}$ ):

$$Q=G_{нач}c_{нач}(t_{кип}-t_{нач})+Wг,$$

$$\Delta t_{пол}=t_{г.п}-t_{кип.},$$

где  $G_{нач}$  – количество раствора, поступающего в соответствующий выпарной аппарат,  $kg/s$ ;

$c_{нач}$  – удельная теплоемкость исходного раствора, поступающего в соответствующий корпус,  $J/(kg \cdot K)$ ;

$t_{кип}$  – температура кипения раствора в соответствующем выпарном аппарате,  $^{\circ}C$ ;

$t_{нач}$  – температура исходного раствора, поступающего в соответствующий корпус,  $^{\circ}C$ ;

$W$  – количество выпаренной воды в соответствующем корпусе,  $kg/s$ ;

$г$  – удельная теплота испарения раствора в соответствующем корпусе,  $J/kg$ ;

$t_{г.п}$  – температура конденсации греющего пара в соответствующем корпусе.

Производительность по выпаренной воде каждого выпарного аппарата находили из уравнения материального баланса:

$$W=G_{нач}(1-x_{нач}/x_{кон}),$$

где  $x_{нач}$  и  $x_{кон}$  – концентрация раствора на входе в выпарной аппарат и на выходе из него.

Результаты испытаний выпарного аппарата с кипением в трубах в виде изменения коэффициента теплопередачи во времени при плотности теплового потока  $28 - 30 \text{ kW/m}^2$  при выпаривании воды и 60% - ного раствора роданистого аммония приведены на рис. 1. При работе с водой в аппарате с оптимальным уровнем при  $\Delta t = 20 \text{ }^{\circ}C$ , коэффициент теплопередачи уменьшается от  $2420 \text{ W/(m}^2 \cdot K)$  в начальный период ( $\tau = 0$ ) до  $2230 \text{ W/(m}^2 \cdot K)$  при  $\tau = 10 \text{ d}$ . При выпаривании раствора роданистого аммония в аппарате с оптимальным уровнем коэффициент теплопередачи  $K$  в

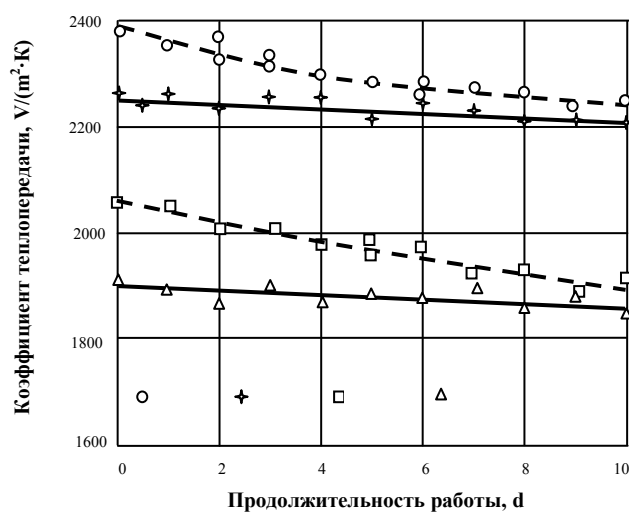


Рис. 1. Изменение коэффициента теплопередачи в зависимости от продолжительности работы аппарата: 1 и 3 – при оптимальном уровне; 2 и 4 – с развитым экономайзерным участком; 1 и 2 – вода; 3 и 4 – 60% - ный раствор роданистого аммония.

течение 10 d уменьшился от 2040 W/(m<sup>2</sup>·K) до 1880 W/(m<sup>2</sup>·K). При тех же условиях, но при работе с вынесенной зоной кипения за пределы кипяточной трубы, коэффициент теплопередачи для чистой поверхности нагрева при  $\tau = 0$  несколько ниже – 2220 W/(m<sup>2</sup>·K) при выпаривании воды и - 1880 W/(m<sup>2</sup>·K) при работе с раствором роданистого аммония, за счет уменьшения коэффициента теплоотдачи от стенки трубы к раствору. Однако при работе аппарата с развитым экономайзерным участком коэффициент теплопередачи K во времени снижается медленнее, чем в аппарате с оптимальным уровнем жидкости в кипяточных трубах.

Таким образом, в выпарном аппарате, работающим при оптимальных уровнях однофазной жидкости в кипяточных трубах, интенсивность переноса тепла и скорость накипеобразования также больше, чем в аппарате с развитым экономайзерным участком. Проведенные промышленные исследования подтвердили, что вынос зоны кипения из греющих трубок обеспечивает долгую беспривычную работу выпарного аппарата, но при этом снижается интенсивность теплопереноса.

Результаты испытаний выпарной установки обезвоживания раствора солей роданистого аммония и тиомочевины после реконструкции показали, что производительность установки по исходному раствору увеличилась с 3,2-3,9 м<sup>3</sup>/h до 3,8-5,8 м<sup>3</sup>/h, а содержание влаги в упаренном растворе уменьшилось с 3,8-5,8% до 1,4-2,0%.

Видно, что замена двухкорпусной выпарной установки на трехкорпусную позволяет увеличить производительность установки. Отметим, что при всех нагрузках новая установка для обезвоживания раствора солей роданистого аммония и тиомочевины работала стабильно. Содержание влаги в упаренном расплаве не превышало 2%.

Уменьшение времени пребывания водного раствора солей роданистого аммония и тиомочевины в аппаратах, нагреваемых свыше 120 °C и уменьшение влаги в упаренном растворе обеспечило снижение разложения раствора на вредные и токсичные побочные продукты. В результате уменьшились потери дорогостоящего исходного сырья, прекратилось дальнейшее ухудшение технологии получения тиомочевины.

#### Список литературы:

1. Постановление Президента Республики Узбекистан от 15.12.2010 года за № 1442 «О приоритетах развития промышленности республики Узбекистан в 2011-2015 годах».
2. Бахронов Х.Ш., Саидов Т.М., Суярова Х.Х. Сравнение эффективности работы выпарных аппаратов различной конструкции // Химическая технология. Контроль и управление. - Ташкент, 2012. - № 5. - С. 31-33.

УДК 622.243.3

© Сапаров А.Б., Джалгасбаев Я.К., Шарафутдинов У.З. 2014 г.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

Сапаров А.Б., начальник ТО ПУРиРМ НГМК; Джалгасбаев Я.К., ведущий инженер по буровым работам ТО ПУРиРМ НГМК; Шарафутдинов У.З., зам. начальника СТК рудоуправления №-5 НГМК, канд. техн. наук

*NKMni rivojlantirish dasturiga muvofiq 2012 -2020 yillarda uran ishlab chiqarishni salmoqli o'stirish ko'zda tutilgan bo'lib, bu yangi konlarning ishlanishga jalb etilishini, zaxiralarni maksimal darajada samara bilan ochish uchun texnologiyalar moslashtirilishini, burg'ulash hajmlari oshirilishini o'z ichiga oladi. Bu, hozirgi zamon bosqichida, uran qazishning barcha yo'nalishlarida faqat innovatsion texnologiyalarni qo'llash bilan amalga oshirilishi mumkin. Navoiy konmetallurgiya kombinatining innovatsion loyihalaridan biri – turli konstruksiyalardagi PDC burg'ularni sinash va joriy etish.*

*Tayanch iboralar: uran ishlab chiqarish, yangi konlar, zaxira, samarali ochish, texnologiya, burg'ulash ishlari, innovatsion texnologiyalar, burg'ulash konstruksiyasi, burg'ulash uskunalari.*

*Use of PDC bits in geological-and-technical conditions of Navoi Mining and Metallurgical Combinat gives new opportunities for technological advancement of geotechnological wells construction and plays an important role in execution of Geotechnological Wells Drilling and Uranium Mining Program until 2020. Therefore, the innovative program on the basis of optimal selection of PDC bit type and design for specific mining and geological conditions is implemented.*

*Key words: uranium production, greenfield, reserve, effective mining, technology, drilling operations, innovative technology, bit design, drilling tools.*

Постоянный процесс совершенствования бурового оборудования и технологии бурения в Навоийском ГМК направлен на повышение эффективности строительства геотехнологических скважин. Показательным примером является постепенная замена шарошечных долот на долота PDC (Polycrystalline Diamond Compact). Грамотный анализ результатов бурения может открыть новые возможности повышения эффективности проходки скважин, иногда – неожиданные. Рациональный выбор типа породоразрушающего инструмента и эффективного режима бурения при определенных горно-геологических условиях при проходке геотехнологических скважин является одной из проблем, с которой приходится сталкиваться буровому персоналу. На протяжении многих лет осуществления буровыми участками работ по строительству скважин на месторождениях с различными геологическими условиями всегда возникал вопрос о достижении максимальной рейсовой скорости бурения. В НГМК до 2011 г. бурение геотехнологических скважин производилось трехшарошечными долотами типа М; МЗ; СТ; К производства ОАО «Уралбурмаш» (Россия), которые предназначены для бурения горных пород 2-7 категории по буримости или 1-4 категории по твердости. При анализе геологических условий и технологии бурения на площадках было установлено, что основные недостатки шарошечных долот такие, как низкая ходимость и механическая скорость бурения, способствуют повышению затрат времени на проходку скважины и увеличению расхода долот. Показатели бурения шарошечными долотами зависят от создания осевой нагрузки, которые должны быть более 5 т и расхода промывочной жидкости - более 20 л/с, и менее зависят от частоты вращения бурового инструмента. Из-за малой механизации и грузоподъемности буровых установок типа 1БА15В, УРБ-3А3, малой производительности буровых насосов НБ-50 и НБ-125 невозможно создать такие технические условия и, соответственно, достичь высокой скорости бурения. При бурении интервалов интенсивного чередования пород 3-5 категории твердости у шарошечных долот происходит опережающий износ опор, что приводит к снижению

скорости бурения и создает опасность возникновения аварийной ситуации вследствие разрушения инструмента на забое. В мягко-средних породах наблюдается образование сальника в межзубковых и межвенцовых промежутках вооружения шарошек долота.

Низкие технико-экономические показатели: недостаточная механическая скорость до 4 м/ч, малая ходимость до 170-200 м/шт. и повышенная аварийность шарошечных долот в геологических разрезах урановых месторождений НГМК обусловили потребность к более тщательному подходу к выбору бурового инструмента.

Результаты испытания и внедрения PDC долот (рис. 1, а) на месторождениях НГМК показали многократное увеличение механической скорости и ходимости работы PDC (БИТ) долот ООО «НПП «БУРИНТЕХ» и компании «Sichuan Chengdu High – Tech Drillings Co.Ltd.» по сравнению с шарошечными долотами (табл. 2). PDC долото – породоразрушающий инструмент, рабочим органом которого является основание с поликристаллическими композитными вставками. Режущие лопасти, в отличие от шарошек, не имеют подвижных элементов, что существенно уменьшает риск потери их частей в скважине, а также, помимо этого, они используют совершенно иной способ разрушения горной породы – срезание. Разрушение горной породы путем ее срезания намного эффективнее дробления, в связи с чем обеспечивается существенное увеличение как механической скорости бурения, так и проходки на долото. Резцы PDC в 10-15 раз повышают износостойкость долота в зависимости от вариантов исполнения (конструкции, расположения резцов, оснащение резцами повышенной стойкости и наивысшей абразивности). Дополнительные калибрующие резцы способствуют снижению вибрации при бурении. Объемное моделирование гидравлики долот дает возможность оптимизировать процесс очистки забоя и охлаждения резцов. Обладая высокой износостойкостью и работоспособностью, лопастные долота PDC обеспечивают кратное увеличение проходки на долбление, повышая при этом механическую скорость бурения. В настоящее время проектированием, производством и конечно-элементным анализом буровых долот занимаются десятки крупных компаний мира, используя передовые технологии моделирования. Моделирование производится конкретно по данным физико-механических горных пород горно-геологического разреза месторождения с учетом возможностей бурового оборудования.

Геологические разрезы месторождений НГМК сложены из мощного осадочного комплекса горных пород II-VII категории по буримости, I-IV категории по твердости. Обломочные породы

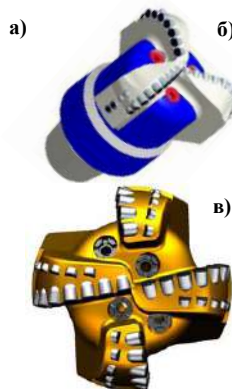


Рис. 1. Разновидность долот: PDC (а), БИТ (б) и SP (в)

песчаники, гравелиты и конгломераты – абразивные.

Для проходки геологоразведочных и геотехнологических скважин месторождений НГМК в ООО «НПП «БУРИНТЕХ» (Россия) были спроектированы и изготовлены долота PDC БИТ-112 В 313 СН и БИТ-215,9 В 313 СН (рис. 1, б). В компании «Sichuan Chengdu High – Tech Drillings Co.Ltd.» (Китай) по рекомендации НГМК были выпущены долота SP 1313, SP 1313 с размерами 120,6-200-215,9 mm, оснащенные алмазно-твердосплавными резцами PDC (рис. 1, в), предназначенными для бурения пород II-VII категории по буримости и в породах с пропластками средней категории твердости 1-4.

Эффективность бурения, при рационально выбранном типе породоразрушающего и технологического инструмента, зависит от правильного сочетания параметров режима:

- частоты вращения бурового снаряда;
- осевой нагрузки на инструмент;
- расхода и качества промывочной жидкости.

Оптимальное соотношение параметров режима бурения определяются для каждого конкретного горно-геологических и технических условий бурящейся скважины. Из табл. 1 видно, что диапазон параметров режима бурения регулируется в широких пределах. Поэтому, исходя из малой грузоподъемности буровой установки и гидравлической мощности бурового насоса, для каждого конкретного горно-геологических и технических условий разработана: «Технология бурения скважин долотами PDC в геолого-технических условиях НГМК». Прежде чем приступить к эксплуатации долота из серии PDC необходимо изучить техническое описание, обратив особое внимание на технологические режимы бурения и указание мер безопасности. Основное внимание уделяется повышению эффективности за счет подбора длины и веса компоновки низа бурильной колонны (КНБК) со спиральными утяжеленными бурильными трубами и калибраторами квадратного сечения. Отслеживается скорость бурения, ее равномерность и изменение в отдельных литологических интервалах. Подбор оптимальных режимов бурения основывается на возможности передачи на забой максимальной мощности. Расчеты показывают, что увеличение подачи насосов на 40% может обеспечить рост механической скорости бурения до 2-х раз. Число оборотов и крутящий момент, в свою очередь, зависят от подачи промывочной жидкости. При переходе

Таблица 1

Параметры режима бурения				
Рекомендуемый режим бурения	Ед. изм.	БИТ-215,9 В 313 СН	200 mm SP 1313	215,5 mm SP 1313
Нагрузка на долото	(кН)	20 ~ 60	22.2 ~ 155.6	22.2 ~ 155.6
Частота вращения	(об/мин)	60 ~ 260	95 ~ 200	95 ~ 200
Расход жидкости	(л/сек)	16 ~ 32	10 - 18	10 - 18
Тип вращателя		Ротор, ВЗД	Ротор, ВЗД	Ротор, ВЗД

бурения с 10 л/с до 14 л/с подачи промывочной жидкости прослеживается значительное увеличение механической скорости на 40 – 60% в зависимости от качества промывочной жидкости.

При встрече пород со значительным изменением категории буримости и абразивности, необходимо целенаправленно прерывать долбление долотом PDC, во избежание поломок зубцов PDC, после чего бурение до проектной глубины продолжать шарошечным долотом.

Реализация программы инновационного бурения на основе оптимального подбора типа и конструкции долот PDC для конкретных горно-геологических условий применения и инженерное сопровождение процесса бурения в геолого-технических условиях месторождений НГМК обладают следующими преимуществами перед шарошечными:

- Увеличение ходимости (стойкости долота) в 30-35 раз и механической скорости бурения в 3-5 раз.
- Уменьшение количества спуско-подъемных операций.
- Значительное уменьшение вибрационной нагрузки на бурильные трубы.
- Экономия на топливе и эксплуатационных расходах на 40-50%.

Возможность эффективного восстановления долот и повторного использования без ухудшения эксплуатационных качеств ввиду отсутствия подвижных частей. Минимальный риск обрыва бурильных труб.

Таблица 2

Результаты испытания и внедрения PDC долот					
Завод изготовитель	Тип долота	Средняя проходка на долото, м	Средняя механич. скорость, м/ч	Стоимость долот, \$ США	Удельные затраты на 1 м бурения, \$ США
ОАО «Уралбурмаш»	III 200,0 МЗ-ЦВ, МЗГНУ	177	4,2	1992,5	11,3
	III 215.9 СГ-В	195	4,1	2095,0	10,7
ООО НПП БУРИНТЕХ	БИТ 190,5 В 313	5100	11,6	9590	1,88
	БИТ 215,9 В 313	6440	14,9	12435	1,93
Sichuan Chengdu High – Tech Drillings Co.Ltd	PDC 200.0 SP 1313	5300	11,3	7730,6	1,46
	PDC 215.9 SP 1313	6860	14,3	8132,6	1,19

-Значительное снижение стоимости бурометра и времени бурения.

Стоимость базовой (использование шарошечных долот) и новой (использование долот PDC) проходки одного метра с учетом спуско-подъемных операций определялась по формуле:

$$C = (1/V_m + (t_{сп} + t_b)/h) * C_b + C_d/h,$$

где  $C_d$  - стоимость долота, базовая - 2 095,0 \$ США и новая - 8 132,6 \$ США;

$t_{сп}$  - нормативное время затрат на спускоподъемные операции, отнесенное к рейсу, базовое - 6,0 h и новое - 1,5 h;

$t_b$  - нормативное время затрат на подготовительно-заключительные операции, отнесенные к рейсу, базовое - 2,0 h и новое - 0,5 h;

$C_b$  - стоимость 1 h работы буровой установки, базовая - 0,054 сум/h и новая - 0,032 сум/h;

$h$  - проходка долота, базовая 195 m и новая - 6860 m;

$V_m$  - механическая скорость проходки, соответственно, базовая 4,1 m/h и новая - 14,3 m/h.

Годовая экономическая эффективность, которая составила 8,3 млн. \$ США, определялась по формуле:

$$\Delta = (C_b - C_n) * A_n,$$

где  $C_b$  - базовая стоимость одного метра проходки (использование шарошечных долот), 10,8 \$ США;

$C_n$  - новая стоимость одного метра проходки (использование долот PDC), 1,2 \$ США;

$A_n$  - годовой объем бурения геотехнологических скважин на 2014 г., m.

При этом экономическая эффективность перехода на долото серии PDC определяется не только большей механической скоростью и значительной прочностью, но сокращением буровых бригад для строительства скважин.

Применение долот PDC в геолого-технических условиях НГМК обеспечивает новые возможности в совершенствовании технологии сооружения геотехнологических скважин и играет важную роль в выполнении программ бурения геотехнологических скважин и добычи урана до 2020 г.

УДК 534.28

© Ахмеджанов Ф.Р., Салахитдинов Ф. 2014 г.

## АКУСТИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ МОЛИБДАТА КАЛЬЦИЯ С ПРИМЕСЬЮ НЕОДИМА

Ахмеджанов Ф.Р., профессор кафедры «Общая физика и магнетизм» СамГУ, докт. физ.- мат. наук; Салахитдинов Ф., ст. научный сотрудник кафедры «Оптика» СамГУ, канд. физ.- мат. наук

*Neodim aralashma bilan legirlangan CaMoO<sub>4</sub> kristallarining akustik va optikaviy xususiyatlari Bregg yorug'lik difraksiyasi va Raman metodlari yordamida tadqiqot qilingan. Neodim aralashmasi akustik to'lqinlarning so'nish koeffitsiyentini va uning chastotaviy bog'likligini o'zgarib borishi aniqlangan. Legirlangan kristalni kombinatsion sochilish spektrda toza kristall uchun xarakterlovchi Raman liniyalar yo'qoladi hamda ikkita yangi maksimumlar paydo bo'ladi. Olingan natijalar molibdat kalsiy kristallarda neodim aralashma ta'sirida issiq fononlarning relaksatsiya vaqti va angarmonizm effektiv konstantasi kamayishi sababi bilan izohlandi (tushuntirildi).*

*Tayanich iboralar: akustik va optic xossalari, kalsiy molibdat kristallari, akustik to'lqinlar, toza kristallar, issiqlik fononlar relaksatsiyasi, yorug'liq tarqalishining kombinatsiyalangan spektri.*

*Acoustic and optical properties of CaMoO<sub>4</sub> crystals with Nd impurities were studied using methods of Bragg light diffraction and Raman scattering. It is found that Nd impurities significantly reduce size and change frequency dependence of acoustic waves decay. In Raman spectrum of doped crystals lines typical for pure crystals disappear and two new maximums arise. Obtained results are explained by decrease of relation time of thermal phonons and effective anharmonicity constant in CaMoO<sub>4</sub> crystals influenced by neodymium impurities.*

*Key words: acoustic and optical properties, calcium molibdate crystals, acoustic waves, pure crystals, thermal phonons relaxation, Raman scattering spectrum.*

Акустические и оптические свойства кристаллов с примесями имеют характерные особенности. Например, коэффициенты затухания акустических волн в таких кристаллах существенно меньше, чем в чистых составах. В рамках существующих теорий это возможно, если уменьшение времени релаксации происходит за счет усиления ангармонизма решетки или если энергия фононов преимущественно зависит от ориентации волнового вектора. Косвенно об изменении ангармонизма кристаллов можно судить также, исследуя комбинационное рассеяние света в таких кристаллах [1].

В данной работе проведены акустические и оптические исследования кристаллов молибдата кальция (чистых и с примесью неодима: 1,1 ат %), которые широко применяются в акустооптических устройствах [2]. Для проведения акустических исследований использовалась акустооптическая установка, работающая в импульсном режиме и состоящая из системы возбуждения акустических волн и системы регистрации лазерного света ( $\lambda=632.8$  нм), дифрагированного на акустических волнах. Высокочастотные продольные и поперечные акустические волны с частотами 0,4-1,8 ГГц. возбуждались с помощью кварцевых пьезопреобразователей X или Y среза, толщиной 70-100 мкм. Исследованные образцы были ориентированы вдоль кристаллографических осей  $\langle 100 \rangle$  и  $\langle 110 \rangle$ . Коэффициент затухания акустических волн определялся методом Брэгговской дифракции света на звуке по зависимости интенсивности дифрагированного света  $I$  и от расстояния до преобразователя  $x_1$  и  $x_2$ :

$$\alpha = \frac{10 \cdot \lg \left( \frac{I(x_1)}{I(x_2)} \right)}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

Точность определения коэффициента затухания составляла около 5%. Одновременно определялась скорость распространения акустических волн из измерений угла Брэгговской дифракции света [3]:

$$V = 10n / (2 \cdot \sin Q_6), \quad (2)$$

где  $n$  - линейная частота звуковой волны;

$Q_6$  - внешний Брэгговский угол.

Оптические исследования проводились по спектрам комбинационного рассеяния света (КРС) в области частот от 100 до 1000  $\text{cm}^{-1}$ . В оптической измерительной системе в качестве первичного источника использовался лазер с длиной волны  $\lambda=632.8$  нм. Регистрация сигналов комбинационного рассеяния света осуществлялась под углом  $90^\circ$  к направлению падающего луча лазера, с помощью блока усилителя и аналого-цифрового преобразователя в режиме счета фотонов. Увеличение отношения сигнал/шум достигалось за счет интегрирования сигнала в определенном интервале времени.

Исследования показали, что в чистых кристаллах  $\text{CaMoO}_4$  затухание акустических волн пропорционально квадрату частоты. В кристаллах  $\text{CaMoO}_4$  с примесью неодима затухание продольных упругих волн уменьшается примерно на 30%, а частотная за-

Таблица 1

Скорость и коэффициент затухания акустических волн с частотой 1 ГГц в кристаллах  $\text{CaMoO}_4$  с примесью Nd

Волновой вектор, $q$	Поляризация, $g$	Скорость, $v$ , $10^3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	Коэффициент затухания, $\alpha$ , $\text{дБ} \cdot \text{мкс}^{-1}$
$\langle 100 \rangle$	$\langle 100 \rangle$	4.12	0.85
$\langle 100 \rangle$	$\langle 001 \rangle$	2.14	0.45
$\langle 001 \rangle$	$\langle 001 \rangle$	3.86	1.2

висимость затухания остается квадратичной. Затухание поперечных волн очень чувствительно к примеси неодима и в некоторых образцах коэффициент затухания уменьшается по сравнению с чистыми кристаллами  $\text{CaMoO}_4$  почти в два раза. Что касается частотной зависимости затухания этих волн, то наблюдается тенденция к отклонению от квадратичной зависимости в сторону более слабой зависимости. В наших экспериментах частотная зависимость коэффициента затухания поперечных акустических волн была пропорциональна  $\sim v^{1.7}$ .

Результаты измерений и расчета скорости и коэффициента затухания для различных направлений поляризации акустических волн в исследованных образцах на частоте 1 ГГц. представлены в табл. 1. Расчеты проводились по формулам (1), (2) и данным работы [4].

Теоретическое рассмотрение затухания продольных и поперечных упругих волн в кристаллах с примесями проведено в работе [5] при условии  $W \cdot t \ll 1$ . Для кристаллов с примесями принимается:

$$\tau = \left[ \tau_i^{-1}(k_T) + \tau_l^{-1}(k_T) \right]^{-1}, \quad (3)$$

где  $k_T$  - волновой вектор тепловых фононов;

$t_i$  - время релаксации, связанное с неупругим фон-фонным рассеянием;

$t_l$  - время релаксации, связанное с упругим рассеянием на примесях.

Учитывая соотношение между указанным временем релаксации и то, что  $t_i \leq t_l(k_T)$  [6], получено выражение по определению затухания поперечных упругих волн:

$$\alpha = \beta \cdot (\Omega^2 \cdot T / \rho \cdot V^2) \sum_{k,j} c(\vec{k}, j) \cdot \tau(\vec{k}, j) \cdot \gamma^2(\vec{k}, j), \quad (4)$$

где  $b$  - численный множитель порядка единицы, величина которого зависит от вида локального равновесного распределения тепловых фононов;

$W$  и  $V$  - частота и скорость акустических волн;

$c(k, j)$  - теплоемкость фононной ветви ( $k, j$ );

$g$  - эффективная константа ангармонизма, зависящая от степени упорядоченности кристалла.

Из выражения (4) следует, что уменьшение затухания поперечных акустических волн может быть обусловлено как упругим рассеянием фононов на примесях, т.е. уменьшением  $t_l$ , при соответствующих дисперсионных свойствах фононной подсистемы, так

Таблица 2

Частоты наблюдаемых максимумов в кристаллах CaMoO<sub>4</sub> и CaMoO<sub>4</sub>:Nd

Образец	Поляризация рассеянного света относительно первичного	Частота максимума, см <sup>-1</sup>							
		n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	n <sub>4</sub>	n <sub>5</sub>	n <sub>6</sub>	n <sub>7</sub>	n <sub>8</sub>
CaMoO <sub>4</sub>	∥	-	-	325	365	-	-	843	884
	^	-	-	327	364	793	827	843	884
CaMoO <sub>4</sub> :Nd	∥	108	202	319	-	-	-	845	876
	^	108	203	326	-	-	-	845	876

сталлах CaMoO<sub>4</sub> с примесью Nd обнаруживается существенное изменение в спектрах КРС. В низкочастотной области спектра появляются максимумы на частотах 108 и 202 см<sup>-1</sup>, отсутствующие в чистом кристалле. Во-вторых, в области от 330 до 800 см<sup>-1</sup> исчезают комбинационные линии,

и изменением ангармонизма колебаний кристаллической решетки под влиянием дефектов кристаллической решетки [1]. При оптических исследованиях чистых кристаллов CaMoO<sub>4</sub> и кристаллов CaMoO<sub>4</sub> с примесью неодима были получены спектры комбинационного рассеяния света в широком диапазоне частот, различающиеся числом, положением и интенсивностью максимумов, в зависимости от чистоты кристалла и ориентации поляризации рассеянного света.

Данные представлены в табл. 2, из которой видно, что в широкой области спектра (от 100 до 900 см<sup>-1</sup>) обнаруживаются достаточно интенсивные максимумы с частотами n<sub>1</sub> - n<sub>8</sub>. Из табл. 2 видно, что в кри-

сталлах молибдата кальция.

Полученные результаты по оптическим свойствам кристаллов CaMoO<sub>4</sub>:Nd свидетельствуют о существенном влиянии примеси Nd на упорядоченность структуры и, соответственно, на ангармонизм колебаний кристаллической решетки [1]. Таким образом, согласно уравнению (4), уменьшение a<sub>l</sub> и a<sub>s</sub> может быть обусловлено и уменьшением эффективной константы ангармонизма g. С целью определения действия рассмотренных механизмов каждого в отдельности в затухании акустических волн, необходимы акустические исследования в широком температурном диапазоне.

Список литературы:

1. Горелик В.С., Сущинский М.М. Комбинационное рассеяние света в кристаллах // УФН. – Москва, 1969, т. 98, в. 2, с. 237-294.
2. Balakshy V. I., Asratyan K.R., Molchanov V.Y. Acousto-optic collinear diffraction of a strongly divergent optical beam J. Opt. A: Pure Appl. Opt. 2001, No 3. p. S87–S92.
3. Леманов В.В., Смоленский Г.А. Гиперзвуковые волны в кристаллах // УФН. – Москва, 1972, т. 108, в. 3, с. 465-501.
4. Акустические кристаллы. Справоч. /Под ред. М. П. Шаскольской. – М. Наука, 1982, с. 632.
5. Логачев Ю.А. Различие в поглощении продольного и поперечного звука в примесных кристаллах. - ФТТ, 1973, т.15, в.11, с. 3454-3455.

УДК 669.017.11

© Юсупходжаев А.А., Худояров С.Р., Мирзажанова С.Б. 2014 г.

## ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ НАГРЕВАНИИ И ИХ СВЯЗЬ С НАЧАЛОМ ХИМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ТВЕРДЫХ ФАЗАХ

Юсупходжаев А.А., профессор кафедры «Металлургия» ТашГТУ, докт. техн. наук; Худояров С.Р., заведующий кафедрой «Металлургия» ТашГТУ, канд. техн. наук; Мирзажанова С.Б., ассистент кафедры «Металлургия» ТашГТУ

*Maqolada shixta materiallarini qizdirishda davrida fizikaviy xususiyatlarining o'zgarishini va ularni kimyoviy o'zaro ta'sirlashuvi boshlanishi bilan bog'liqligi ko'rib chiqilgan. Moddalarning kimyoviy faolligi bir o'tkazuvchanlik turidan boshqasiga o'tganda boshlanishi ko'rsatilgan. Ushbu o'zaro bog'liqlik turli izlanish usullari bilan tasdiqlangan.*

*Tayanch iboralar: shixta, kimyoviy o'zgarish, harorat, evtektika, yarimo'kazuvchi, elektro'tkazuvchanlik, kimyoviy faollik, qattiq fazali reaksiyalar.*

*Problems of change of physical properties of charge material components when heated and their connection with chemical interaction are considered in the article. It is shown that chemical activity of the material occurs in passing from one type of conductivity to another. Possibility of such interaction is demonstrated by various research methods.*

**Key words:** charge, chemical transformation, temperature, eutectics, semiconductor, electrical conductivity, chemical activity, solid-state reactions.

При переработке сульфидного медного концентрата по технологии отражательной плавки, а также при выплавке чугуна в доменных печах, в промышленные агрегаты загружают сырье шихтовых материалов. В отражательной печи сжигается большое количество топлива. В доменных печах сжигается угольный кокс. Под воздействием выделяющейся при этом тепловой энергии в рабочем пространстве и ванне печи протекают различные физико-химические процессы: испарение влаги, диссоциация сложных соединений на простые составляющие, нагрев и плавление шихты, химические превращения компонентов шихты, штейно- и шлакообразование, взаимодействие газовой фазы с шихтой и расплавами, а также твердых, жидких и газовых фаз с футеровкой печи [1].

В результате протекающих физико-химических превращений компоненты шихты превращаются в смесь простых соединений: FeO, CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO и др. Каждая отдельно взятая фаза имеет высокие температуры плавления, которые вряд ли являются достижимыми в металлургических печах. Однако нагрев шихтовых материалов создает хорошие условия для химического взаимодействия между ними. В результате этого взаимодействия образуются легкоплавкие эвтектики, которые после расплавления растворяют в себе все тугоплавкие материалы. В результате все шихтовые материалы переходят в жидкое состояние.

Многие технико-экономические и технологические показатели металлургического передела в значительной мере определяются полнотой и скоростью протекания именно химического взаимодействия между компонентами шихты. Вследствие этого авторами были изучены различные превращения шихтовых материалов при нагреве и их связь с химической активностью материалов.

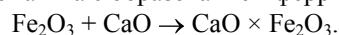
При металлургической подготовке сырьевых материалов к плавке большое значение имеют реакции между различными оксидами (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, CaO, SiO<sub>2</sub>, MnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и др.) в твердой фазе. При нагревании смеси шихтовых материалов особая роль отводится взаимодействию между CaO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, оказывающих существенное влияние на образование легкоплавких эвтектик. Однако данные о температуре начала реакции между ними, кинетические параметры, факторы, влияющие на полноту и скорость ее протекания весьма противоречивы. Это во многом связано с трудностями контроля хода их взаимодействия [2].

Учитывая, что большинство компонентов шихтовых материалов являются полупроводниками, поэто-

му в настоящей работе для изучения указанной реакции применили, наряду с обычными и широко распространенными методами: петрографический, рентгеноструктурный, дифференциально-термический, а также кондуктометрический метод. Эти методы весьма надежно иллюстрируют процессы, происходящие при их нагреве, окислении, восстановлении, а методика их проведения подробно описаны в литературе [3].

В ходе исследования применяли чистые фазы Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, SiO<sub>2</sub> марки «ч.д.а.». Для дифференциально-термического анализа применяли прибор ФПК-59. Электропроводность определяли по вольтамперной схеме на переменном токе. Образцы (спрессованные цилиндры диаметром 1 см) нагревали в контролируемой атмосфере с малой скоростью (5 град/мин), что обеспечивало равномерный прогрев по всему сечению. Нагрев шихтовых материалов создает благоприятные условия для химического взаимодействия между твердыми фазами. Взаимное расположение частиц в любом микрообъеме шихты в ходе нагрева остается неизменным вплоть до полного или частичного расплавления частиц шихты. Таким образом, каждая частица имеет возможность реагировать только с непосредственно окружающей и контактирующей с ней частицей. Результаты термографического анализа приведены в табл. 1.

Нагрев образцов производили в окислительной атмосфере. Вследствие чего, начиная с температур 200-250 °С, начинается окисление магнетита в гематит. При нагреве до 500 °С заметного химического взаимодействия между твердыми фазами не происходит. Начиная с температур 500-600 °С, идет образование по контактам кварца с известью, силиката кальция 2 CaO×SiO<sub>2</sub>. Однако количество таких контактов в шихте невелико. Начиная с температур 600-700 °С протекает реакция взаимодействия между оксидом кальция и гематита с образованием феррита кальция:



Реакция протекает по контактам CaO × Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. При взаимодействии в твердой фазе эта реакция имеет наибольшее развитие, так как число таких контактов в твердой фазе больше, чем число контактов между CaO и SiO<sub>2</sub>, хотя химическое сродство CaO и SiO<sub>2</sub> больше, чем сродство CaO к Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Этому способствует также большая скорость реакции образования ферритов в твердой фазе.

Возможность протекания такой реакции авторами была установлена на основе определения изменения запрещенной зоны оксидов железа при их нагреве как отдельно, так и в смеси с различным содержанием

Таблица 1

Результаты термографического анализа образцов

Исследуемое вещество или смесь	$t_{ф.}$ , °C	Знак эффекта	Превращение
CaO	515	-	Ca(OH) <sub>2</sub> → CaO+H <sub>2</sub> O
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	Эффекта нет	-
CaO+2Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	315	+	Ca(OH) <sub>2</sub> → CaO+H <sub>2</sub> O
	515	-	CaO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> → CaO × Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	675	+	CaO × Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	750	+	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +CaO → 2CaO × Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
CaO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	315	+	Ca(OH) <sub>2</sub> → CaO+H <sub>2</sub> O
	515	-	CaO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> → CaO × Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	675	+	CaO × Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	750	+	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +CaO → 2CaO × Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
2CaO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	315	+	Ca(OH) <sub>2</sub> → CaO+H <sub>2</sub> O
	515	-	CaO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> → CaO × Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	675	+	CaO × Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	750	+	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +CaO → 2CaO × Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

CaO. Результаты исследований представлены на рис. 1. В этих опытах мы исследовали изменение электропроводности образцов (s) от температуры (T). На основании полученных данных были вычислены значения ширины запрещенной зоны DE<sub>0</sub>.

На графиках для CaO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> можно выделить два участка: низкотемпературный и высокотемпературный. Низкотемпературный участок соответствует примесной проводимости, возникающей в результате ионизации примесей. Излом на кривой электропроводности появляется в результате истощения примесных энергетических уровней и перехода в область преобладания соответственной проводимости оксида.

Верхние отрезки на графике имеют большой наклон, что определяется появлением собственной проводимости.

Высокая проводимость Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> объясняется наличием разновалентных ионов в одинаковом кристаллографическом положении. Между этими ионами может происходить обмен электронами. В электрическом поле этот обмен приобретает направленность. Такой обмен местами происходит без изменения общей энергии, так как атомы, находящиеся в одинаковых кристаллографических положениях, обладают одинаковой энергией.

Представляет значительный теоретический и практический интерес выявление возможной связи между физическими свойствами оксидов полупроводников и их химической активностью. Такая связь для случая восстановления оксидов тугоплавких металлов твердым углеродом была установлена в работе [4]. Оценка связи между физическими свойствами оксидов полупроводников с их химической активностью в литературе нами не встречалась.

Термографическими и петрографическими исследованиями нами были установлены температуры начала взаимодействия между CaO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Результаты этих исследований представлены в табл. 2.

Совместный анализ данных в табл. 1 и 2, а также на рис. 1 показывает, что излом на графиках, соответствующий резкому возрастанию электропроводности, находится в интервале температур, близких к температуре начала взаимодействия твердых фаз. Из этого положения можно сделать вывод о существовании определенной связи между температурой начала взаимодействия твердых фаз и резким возрастанием электропроводности чистых фаз с температурой, вызванной переходом от примесной к собственной проводимости.

Таким образом, начало химического взаимодействия оксидов, если оно совпадает с собственной проводимостью, связано с появлением свободных электронов самого полупроводника. Этот экспериментальный факт нельзя назвать неожиданным, поскольку оба явления (химический акт и электропроводность) в конечном итоге сводятся к электронному механизму.

В связи с этим понятие «температура начала химического взаимодействия» приобретает определенный смысл. Можно сказать, что способность к химическому акту у оксидов появляется при таком значении энергии колебания его кристаллической решетки, когда повышается концентрация электронов в свободной зоне полупроводника, что соответствует переходу от примесной к собственной проводимости. Это состояние соответствует определенному ослаблению связей в кристаллической решетке, возникающему в результате нагрева оксида. Температу-

Таблица 2

Температура начала взаимодействия между оксидами железа и кальция

Образцы	Температура начала взаимодействия в смеси		Излом на линии зависимости электропроводности от температуры
	Термографический метод	Петрографический метод	
CaO + 2 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	675	670	640-720
CaO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	675	670	640-720
2CaO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	675	670	600-680

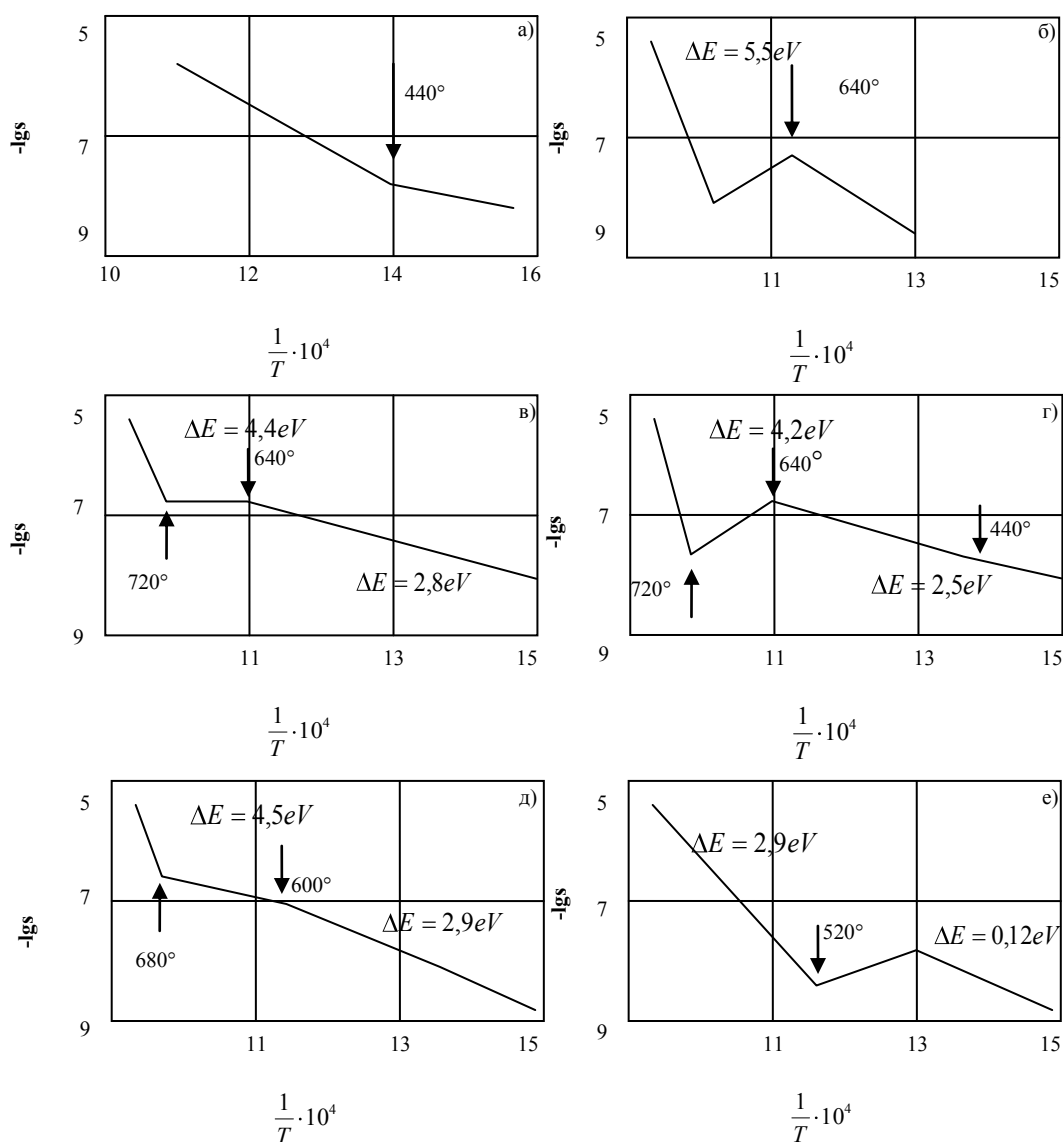


Рис. 1. Влияние температуры на электропроводность образцов из  $Fe_2O_3$  (а),  $CaO$  (б),  $CaO+2Fe_2O_3$  (в),  $2CaO+Fe_2O_3$  (г),  $CaO+Fe_2O_3$  (д),  $Fe_3O_4$  (е)

ра, которая отвечает этому состоянию зависит, главным образом, от природы оксида, т.е. от энергии его кристаллической решетки.

Следует отметить, что если реагирующие между собой оксиды - полупроводники обладают разной температурой перехода от примесной к собственной проводимости, то химическое взаимодействие между ними возможно только при достижении температуры, в которой осуществляется переход для полупроводника, обладающего более высокой температурой перехода, т.е. при такой температуре, при которой все реагирующие компоненты находятся в зоне собственной проводимости. При взаимодействии  $Fe_2O_3$  и  $CaO$ , реакция начинается при  $670^\circ C$ . Начало этого процесса лимитируется температурой перехода к собственной проводимости  $CaO - 640^\circ C$  (температура такого перехода для  $Fe_2O_3 - 440^\circ C$ ).

Одной из особенностей твердофазных реакций с участием  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $SiO_2$  и  $Fe_3O_4$  является то, что в качестве первичного продукта реакции между двумя данными веществами во всех случаях образуется одно и то же соединение, состав которого часто не соответствует соотношению концентраций реагирующих веществ. До сих пор в литературе не встречается удовлетворительное объяснение этому явлению. Наш взгляд объяснение может быть найдено анализом изменения температуры перехода от примесной к собственной проводимости при нагреве исходных компонентов, взятых в различных стехиометрических соотношениях.

Из рассмотрения данных на рис. 1. вытекает, что при любых соотношениях исходных компонентов, температура перехода от примесной к собственной проводимости остается неизменной, а вместе с ней

неизменной остаётся и способность к химическому взаимодействию. При этих условиях, по видимости, в первую очередь образуются соединения с наиболее простым строением кристаллической решетки. Таким соединением в системе CaO - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, является феррит кальция CaO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Таким образом, на основании проведённой работы можно сделать вывод о том, что способность к химическому взаимодействию оксидов - полупроводников появляется только при таком состоянии оксидов, когда наблюдается переход от примесной к собственной проводимости.

Этот вывод имеет важное научное и практическое значение, т. к. позволяет определять температуру начала взаимодействия оксидов, полупроводников в динамических условиях лишь только по измерению электропроводности последних в тех случаях, когда непосредственный анализ хода реакции невозможен или затруднен.

Это создаст возможность динамично управлять технологическим процессом, повысить производительность агрегата на 15-20%, снизить себестоимость продукции на 8-10% при одновременном повышении качества готовой продукции.

#### Список литературы:

1. Купряков Ю.П. Отражательная плавка медных концентратов. - М. Металлургия, 1976. -352 с.
2. [http:// www.mineral.ru/infoblack/misis](http://www.mineral.ru/infoblack/misis).
3. Линчевский Б.В. Техника металлургического эксперимента. -М. Металлургия, 1967. – 344 с.
4. Данлен У. Введение в физику полупроводников. - М. Металлургия, 1999. – 343 с.

УДК 543. 251:541. 25:541. 13:541. 8.

© Геворгян А.М., Яхшиева З.З., Мунинова Н.И., Яхшиева Х.Ш. 2014 г.

## АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ТИТРОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ВОДНЫХ, СМЕШАННЫХ И НЕВОДНЫХ СРЕДАХ

Геворгян А.М., профессор кафедры «Аналитическая и неорганическая химия» НУУз., докт. хим. наук; Яхшиева З.З., ст. преподаватель кафедры «Химия-экология и методика её преподавания» ДжГПИ, канд. хим. наук; Мунинова Н.И., преподаватель ДжГПИ, канд. хим. наук; Яхшиева Х.Ш., преподаватель ДжГПИ

*Maqolada metall ionlarining suvli, aralash va suvsiz muhitlarda kislota-asosli xossalari turlicha fon elektroliti va buffer aralashmalarida amperometrik titrlash imkoniyati ko'rsatilgan va sharoiti optimallashtirilgan.*

*Tayanch iboralar: amperometrik titrlash, suvli, aralash va suvsiz muhit, fonli elektrolitlar, kislota-asosli xossalalar.*

*Possibility of amperometric titration of various cations in aqueous, deposited and non-aqueous media as background electrolytes displaying various acid-base properties in proteolytic media are described in this article.*

*Key words: amperometric titration, cations in aqueous, deposited, and non-aqueous media, background electrolytes, acid-base properties.*

Возросшие требования, предъявляемые к аналитическому контролю состава объектов органического происхождения, плохо растворимых в воде на самых различных этапах технологических процессов, диктуют повышенные требования к точности, экспрессности, избирательности и расширению диапазона определяемых содержаний, разрабатываемых или внедряемых в производство методик анализа. Контролируя содержание металлов на уровне 10<sup>-3</sup>-10<sup>-6</sup>% в моторных и турбинных маслах, бензинах или растворах электролитов химических источников тока, а также в материалах лакокрасочной промышленности, можно с уверенностью диагностировать, прогнозировать износостой-

кость и коррозионную устойчивость, а также выявить ресурс непрерывной работы и другие технические параметры машин и приборов при условии, что методики определения микросодержаний металлов обеспечивают заданный предел определяемых концентраций с высокой воспроизводимостью и правильностью при самых широких вариациях состава контролируемых веществ и компонентов.

Вольтамперометрическое поведение растворов ЭДТА, ММГ, их производных и серосодержащих реагентов на платиновом дисковом микроаноме в неводных средах позволяет заключить, что катионы, способные взаимодействовать с ЭДТА, ее солями ММГО и серо-

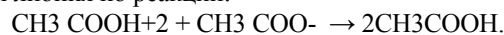
содержащими реактивами в стехиометрическом соотношении можно будет титровать по их возникающему анодному току. Таким образом, из вольтамперограмм окисления, указанных выше титрантов и восстановления кислорода на платиновом дисковом микроаноме следует, что амперометрическое титрование (АТ) ионов металлов с двумя платиновыми индикаторными электродами в растворах ЭДТА, ММГО с серосодержащими реагентами в протеолитических средах следует проводить при напряжении на электродах 0,3-1,2 V в зависимости от природы и концентрации используемого фоновго электролита.

Для решения намеченных задач и достижения поставленной цели, в первую очередь, необходимо было установить принципиальную возможность АТ различных катионов в присутствии ацетатов калия, натрия и аммония, а также хлорида, нитрата и перхлората лития, используемых в качестве фоновых электролитов, поскольку ацетаты, хлориды, нитраты и перхлораты этих катионов, проявляющие в протеолитических средах, различны по кислотно-основным свойствам и поэтому они должны способствовать полноте протекания реакции образования комплексонов, тиолатов и тионатов металлов.

Эксперименты показали, что Cu(II), In(III), Sc(III), Ga(III), Bi(III), Cd(II) и Th(IV) растворами ЭДТА и MgЭДТА титруются достаточно быстро: время выжидания равновесия (равновесного состояния) не превышает 10-20 с. Кривые амперометрического титрования получаются весьма четкими ( $dY/dV \geq 1$  удовлетворяющей правой ветви кривой) с относительно небольшой областью плавного искривления вблизи конечной точки титрования.

Как и в любой другой среде, в уксусной кислоте степень образования комплексонов исследованных металлов уменьшается с повышением концентрации ионов лиония (сольватированных ионов водорода), причем тем более резко, чем менее прочен образующийся комплексонат. Этот фактор позволяет легко регулировать избирательность комплексиметрического титрования ионов металлов варьированием кислотности раствора.

В неводных, уксуснокислых, растворах концентрацию ионов лиония по (CH<sub>3</sub>COOH) можно регулировать выбором фоновго электролита. Так, например, ацетаты калия и натрия в уксуснокислой среде проявляют свойства сильного основания и нейтрализуют ионы лиония по реакции:



Поэтому на ацетатном фоне будут титроваться даже такие катионы, прочность комплексонов которых не слишком высока. Напротив, перхлорат лития в такой среде проявляет четко выраженные кислые свойства и соответственно увеличивает концентрацию ионов лиония по реакции:



равновесие которой заметно сдвинуто вправо.

Таблица 1

Результаты АТ различных количеств ионов металлов раствором ЭДТА на фоне 0,25 М по ацетату калия в уксусной кислоте ( $\Delta E=0,85 V$ )

Природа и содержание металла, мкг	Найдено Me, мкг (P=0,95; $\bar{x} \pm \Delta x$ )	n	S	S <sub>r</sub>	
Скандий (III)	7,8	7,9±0,6	6	0,59	0,075
	15,5	15,2±0,7	3	0,30	0,019
	30,0	30,5±0,8	5	0,65	0,021
	81,6	81,7±0,9	4	0,56	0,007
	163,2	161,3±2,6	5	2,10	0,013
Цинк(II)	15,7	15,4±0,5	4	0,33	0,092
	31,4	31,3±1,1	4	0,71	0,022
	62,7	61,8±1,2	4	0,75	0,012
	84,9	84,4±0,8	8	1,00	0,012
	170,0	167,7±3,0	6	3,10	0,019
Иттрий(III)	11,4	11,2±0,5	6	0,48	0,043
	22,7	22,5±1,1	3	0,46	0,020
	32,5	32,6±2,0	3	0,81	0,024
	63,7	62,7±2,3	4	1,87	0,030
	250,0	248,3±2,8	7	3,03	0,012

Поэтому на перхлорате лития могут титроваться только катионы, образующие весьма прочные комплексоны соответствующих металлов.

Титрование с двумя индикаторными электродами по возникающему анодному току ЭДТА применено нами для определения микрограммовых количеств Zn(II), Cd(II), Cu(II), Pb(II), Ni(II), Ga(III), PЗЭ и ионов других металлов.

В табл. 1 приведены данные, полученные при амперометрическом титровании ионов металлов-представителей вышеописанных групп, отличающихся значениями эффективных констант устойчивости (ЭКУ) комплексов.

На основании полученных данных и рассчитанных значений ЭКУ комплексонов металлов с ЭДТА установлено, что по степени прочности образующихся комплексонов в уксусной кислоте все исследованные ионы металлов можно подразделить на три группы:

I-индий(III), кобальт(II), марганец(II), таллий(III), галлий(II), висмут(III), медь(II), и скандий(III), которые титруются одинаково хорошо как на ацетатных (за исключением кобальта), нитратных фонах, так и в смеси перхлората нитрата лития с добавлением небольших количеств хлорной или азотной кислоты, соответственно.

II – цинк(II), кадмий(II), никель(II), торий(IV) и свинец(II), которые хорошо титруются на ацетатном и нитратном фонах и значительно хуже на перхлоратном, хотя и на последнем фоне все же можно с удовлетворительной точностью оттитровать не слишком малые количества перечисленных выше ионов металлов.

III – лантан(III) и лантаноиды, а также иттрий(III), которые титруются только на ацетатном фоне и перестают титроваться на перхлорате и даже нитрате лития.

В отличие от всех вышеуказанных ионов металлов Fe(III) и Hg(II) практически не титруются, в особенно-

Таблица 2

Результаты АТ различных количеств индия(III) раствором ЭДТА на фонах 0,25 М по ацетату калия и 0,15 М по нитрату лития в ДМФА ( $\Delta E=0,60$  V)

Природа и концентрация фона, моль/л	Введено индия (III), мкг	Найдено индия(III), мкг ( $P=0,95; x \pm \Delta x$ )	n	S	S <sub>r</sub>
Ацетат калия 0,25	11,10	10,96±0,47	3	0,19	0,017
	44,42	44,24±0,98	4	0,62	0,014
	177,70	176,40±1,53	3	0,62	0,004
	710,80	712,38±1,80	4	1,13	0,002
Нитрат лития 0,15	10,48	10,34±0,92	4	0,57	0,055
	41,91	41,65±1040	7	0,43	0,010
	167,64	166,28±1,66	4	1,04	0,006
	670,56	166,28±1,66	4	1,74	0,003

сти, на ацетатах калия, натрия и аммония, что свидетельствует о весьма высокой прочности или же инертности ацетатных комплексов указанных элементов.

С целью статистической оценки точности разработанных методик были оттитрованы различные количества ионов металлов раствором ЭДТА в уксусной кислоте, н-пропанол, ДМСО, ДМФА и их смесях с некоторыми инертными растворителями с многократными параллельными повторениями каждого титрования в присутствии 0,25 М ацетата калия, 0,20 М перхлората лития и 0,15 М нитрата лития при напряжении на индикаторные электроды в диапазоне 0,60-0,90 V.

В качестве примера в табл. 2 приведены результаты определения 10-900 мкг индия(III), обработанные методами математической статистики, которые показывают их высокую правильность и воспроизводимость. Относительное стандартное отклонение в большинстве случаев не более 0,055, а погрешность не превосходит 2,0%.

В отличие от уксуснокислых сред (особенно на ацетатном фоне) Hg(II) в присутствии нитрата и перхлората лития в ДМФА титруется достаточно хорошо, результаты таких определений приведены в табл. 3.

Разность между введенными и найденными количествами Hg(II) во всех случаях не выходит за пределы доверительного интервала, а относительное стандартное отклонение не превышает 0,075.

Fe(III) и Cd(III) одинаково хорошо титруются как на перхлоратных, так и на нитратных фонах. С целью оценки воспроизводимости и правильности разработанного метода было проведено определение различных количеств ионов этих металлов раствором ЭДТА с многократным повторением каждого титрования. Эксперименты показали, что легковосстанавливающиеся на катоде ионы металлов (Au(III), Ag(I), Cu(II), Hg(II), Pd(II) и др.) достаточно хорошо титруются как по току их восстановления, так и по возникающему анодному току окисления реагента (ЭДТА).

В качестве примера в табл. 4 приведены результаты АТ Cu(II) раствором ЭДТА как первым, так и вторым способами.

Правильность и воспроизводимость титрования 7-500 мкг меди(II) (первым и вторым способами) рас-

Таблица 4

Результаты АТ различных количеств меди(II) раствором ЭДТА в н-пропанол при оптимизированных условиях

Введено меди(II), мкг	Найдено меди(II), мкг ( $P=0,95; x \pm \Delta x$ )	n	S	S <sub>r</sub>
Электроды медные $\Delta E=0,10$ В, фон-0,15 М нитрат лития				
7,57	7,61 ± 0,59	4	0,37	0,049
30,28	30,46 ± 0,28	5	0,22	0,007
121,12	120,96 ± 0,68	40,4 3	0,43	0,004
484,48	482,79 ± 1,85	4	1,17	0,002
Электроды платиновые $\Delta E=0,70$ В, фон-0,25 М ацетат калия				
15,14	15,25 ± 0,26	5	0,21	0,14
60,56	60,42 ± 0,25	5	0,20	0,003
242,24	240,02 ± 2,37	4	1,49	0,006

твором ЭДТА (0,003-0,004 М) удовлетворительны (табл. 4).

Погрешность определения Cu(II) во всех случаях не превышает 1,0%, а относительное стандартное отклонение не более 0,050.

Так как Mg(II) и Ca(II) в неводных уксуснокислых средах раствором ЭДТА не титруются, то представляло интерес установить возможность АТ этих катионов в реагенте ДМФА и н-пропанол.

Было выявлено, что достаточно правильные и достоверные данные получают в протофильных и амфотерных неводных растворах.

Результаты АТ Mg(II), Ca(II) и Bi (6-950 мкг) раствором ЭДТА в реагент ДМФА свидетельствуют об их весьма хорошей воспроизводимости и достоверности.

Таблица 3

Результаты АТ различных количеств ртути(II) раствором ЭДТА в присутствии перхлората и нитрата лития в ДМФА ( $\Delta E = 0,65$  V)

Природа и концентрация фона, моль/л	Введено ртути (II), мкг	Найдено ртути (II), мкг ( $P=0,95; \pm \Delta x$ )	n	s	S <sub>r</sub>	
Перхлората лития	0,20	7,72	7,78 ± 0,91	4	0,57	0,073
		30,88	30,91 ± 0,12	4	0,05	0,002
		123,50	123,61 ± 0,21	3	0,08	0,008
		494,00	492,03 ± 2,12	4	1,34	0,003
Нитрат лития	0,15	11,58	11,51 ± 1,16	4	0,73	0,063
		46,24	46,08 ± 0,89	4	0,56	0,012
		194,96	194,13 ± 0,89	3	0,36	0,002

## Список литературы:

1. Химическая энциклопедия.-М. Большая Российская энциклопедия. 1992. Т-3. С.1127.
2. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии.-М.:Химия.1979. С.230
3. Коренман Я.И. Практикум по аналитической химии. Электрохимические методы анализа. - М. Колос. 2005.С. 232.
4. Харитонов Ю.Я. Аналитические (инструментальные) методы анализа. М.: Высшая школа. 2008. С.559

УДК 631.312.5: 633.511 (043.3)

© Муродов Н.М., Муродов Ш.М., Муртазов А.Н. 2014 г.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА С ПОЧВОЙ МЕТОДОМ ФОТОМЕХАНИКИ

Муродов Н.М., декан факультета «Гидромелиорация» Бухарского филиала ТИИМ, докт. техн. наук; Муродов Ш.М., доц. зав. кафедры «Механика» БухИТИ, канд. техн. наук; Муртазов А.Н., студент БухИТИ

*Maqolada tuproqqa ishlov beruvchi mashinalar ishchi organlarining tuproq bilan o'zaro ta'sirlashuvini fotomexanika usulida o'rganish metodikasi va tadqiqot natijalari bayon etilgan. Shuningdek fotomexanika usulining ahamiyati, optik sezgir materiallarni tayyorlash texnologiyasi va modellarda tajribalarni o'tkazish tartibi yoritilgan.*

*Tayanch iboralar: ta'sirlashuvni o'rganish, fotomexanika usuli, optik sezgir material, kuchlanish, model, qurilma, polyariskop.*

*Methods and research results of tillage tools interaction using photomechanics are described in this article. Photomechanics method and manufacturing technology of optically-responsive materials and experimental procedure on models are described as well.*

*Key words: study of interaction, photomechanics method, optically-responsive material, voltage, model, plant, polariscope.*

В последнее время для решения задач теории упругости и пластичности при проектировании сложных систем все шире применяется моделирование напряженно-деформированного состояния методом эквивалентных материалов, центробежное моделирование и т.д. [1, 2]. Наряду с отмеченными большое распространение получил поляризационно-интерферометрический метод исследований напряжений (метод фотомеханики), являющийся наиболее эффективным ввиду наглядности, разработанности теоретических основ и оснащённости современной поляризационной - интерферометрической аппаратурой [3]. При помощи указанного метода на моделях из оптически чувствительных материалов находится распределение напряжений в процессе взаимодействия рабочих органов почвообрабатывающих машин с почвой. На основании этого для исследования процесса взаимодействия рабочего органа рыхлителя с почвой применено моделирование методами фотомеханики (рис 1-4, табл. 1).

Оптически чувствительный материал, его оптико-механические свойства и технология изготовления. Для изучения на моделях напряженного состояния почвенного массива при внедрении в него рабочего органа был использован оптически-чувствительный

материал игдонтин на желатино-глицериновой основе.

Игдонтин готовится из 35% фотожелатина, 30% чистого глицерина и воды. В качестве дезинфицирующего вещества, предохраняющего материал от загнивания, вводится бета-нафтол в количестве 0,1% от массы материала. Технология приготовления игдонтина сводится к следующему. В необходимое количество воды засыпается желатин при медленном перемешивании. Смесь набухает в течение 2 h, затем тщательно перемешивается и в нее добавляется глицерин. Полученная смесь выдерживается 24 h, после чего она вновь тщательно перемешивается и расплавляется при температуре примерно 90 °С. Расплавленная смесь выдерживается при этой температуре в течение 1 h. Во время нагревания смесь перемешивается два-три раза с удалением верхнего, пятнистого слоя. В наших опытах полученный раствор процеживался, охлаждался до температуры 65 °С и заливался в специально изготовленные разборные формы из органического стекла с внутренними размерами 250 x 80 x 120 mm. После застывания материала заливочные штампы и приставки удалялись, а форма разбиралась. С целью исключения трения и замещений боковые стенки формы и материал смазывались вазе-

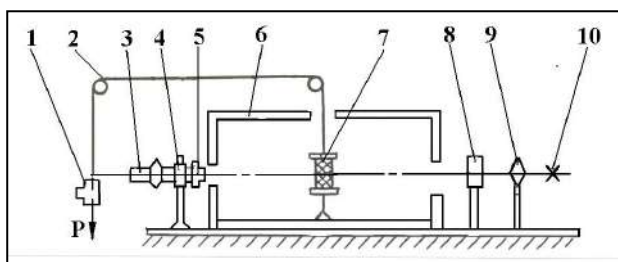


Рис. 1. Схема установки для определения оптико-механических свойств оптически чувствительных материалов

линовым маслом, после чего форма вновь собиралась. Определение модуля упругости и оптического коэффициента напряжений игдонтина производилось на установке, схема которой приведена на рис. 1.

Установка состоит из камеры 6, внутри которой размещается исследуемый образец 7. Деформирование образца обеспечивается нагрузочным устройством 2. При этом удлинения измеряются вертикальным оптическим длиномером 1. Оптический коэффициент напряжений определяется нагружением образца с использованием оптической системы, состоящей из источника света 10, конденсорной ленты 9, поляризатора 8, анализатора 5, компаратора 4 и компенсатора 3.

Испытания на данной установке тарировочного образца, приготовленного по описанной выше технологии, дали следующие результаты:  $E=0,27$  МПа;  $C=0,45$  м<sup>2</sup>/н.с.

Для измерения разности хода, а также для наблюдения за общей картиной напряженного состояния модели применялся фотоэластицимер – портативный круговой полярископ с большим рабочим полем. Установка состоит из двух поляридов диаметром 300 мм, нагрузочного устройства и источника белого, натриевого и ртутного света. Фотосъемка картин-изохром осуществлялась через зеленый светофильтр

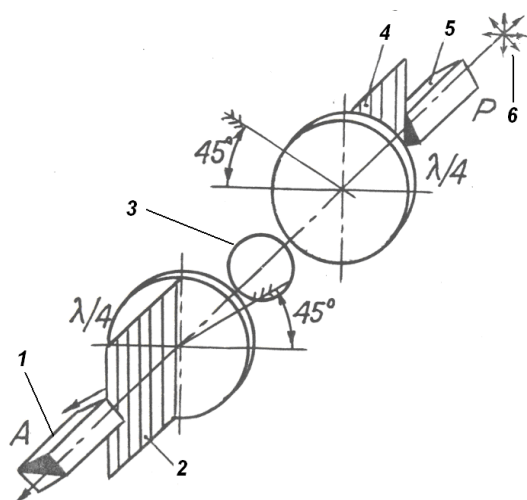


Рис. 2. Принципиальная схема полярископа и ее оптические элементы

фотокамерой. Принципиальная схема полярископа представлена на рис. 2.

В круговой полярископ наряду с поляризатором 5 и анализатором 1, источником света 6 и моделью входят еще две пластинки из слюды 2 и 4, называемые пластинками в четверти волны  $\lambda/4$ , которые расположены, как показано на рис. 2. Пластина в четверть волны создает разность фаз, составляющих колебания  $\pm \pi/2$ . Метод получения света, поляризованного по кругу, состоит в комбинировании поляризатора и пластинки  $\lambda/4$ , которая своими осями устанавливается под углом  $45^\circ$  к плоскости поляризации (для обеспечения равенства амплитуд составляющих колебаний).

Порядок проведения испытаний на моделях. Опыты на плоских моделях проводились в следующем порядке. Заливочная форма с подготовленным оптически чувствительным материалом устанавливалась в нагрузочном устройстве. После этого вращением маховика исследуемый рабочий орган, закрепленный на горизонтальной тензобалочке устанавливался в нулевое положение, определяемое отсутствием картины полос и сил сопротивления в момент совмещения рабочего органа с соответствующим контуром в игдонтине. Лимб маховика также устанавливался в нулевое положение, после чего производилась запись нулевых линий нагрузок и перемещений на осциллограф и делался фотоснимок нулевого положения рабочего органа. Затем вращением винта нагрузочного устройства задавалось перемещение рабочего органа. Запись на осциллограмму нагрузок и перемещений рабочего органа и фотоснимки-картины полос делались дискретно через каждые  $90^\circ$  поворотов маховика, что соответствовало 1,5 мм осевого перемещения винта. Максимальный угол поворота маховика обычно равнялся  $720^\circ \dots 1080^\circ$  или составлял два, три оборота маховика. По окончании нагружения производилась полная разгрузка материала и снималась остаточная картина полос. Началу экспериментов предшествовал предварительный опыт по определению экспозиции фотографирования. С этой целью модель нагружалась до получения 10-12 полос, после чего производилось их фотографирование с различными диафрагмами и выдержками (величина диафрагм изменялась от 1/5,5 до 1 отн. ед., выдержка от 1 с до 30 с), время выдержки заменялось секундомером. Опыты проводились при отсутствии внешнего дневного или искусственного света. После обработки пробных пленок была выработана следующая экспозиция фотосъемки: выдержка – 4 с, диафрагма – 1/8 отн. ед.

Анализ результатов эксперимента. В результате интерпретации зарегистрированных картин изохром для рабочих органов почвоуглубительной лапы и ножей-рыхлителей при изменении горизонтальной и вертикальной составляющих усилия резания в диапазонах модельной нагрузки 10, 20, 30 и 40 Н построены эпюры напряжений  $t_{max}=(s_1-s_2)$  по сечениям, перпендикулярным к режущей кромке модели рабочего органа и снизу и проходящим через зоны concentra-

ции напряжений, а также эпюры контурных напряжений в верхних и нижних зонах соприкосновения модели рабочего органа (рис. 3).

Напряжения  $t_{max}$  модели определяли по зависимости:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_o^{1,0}}{d} \cdot n = \frac{0.16 \cdot 9.5}{1.5} = 1.0$$

$$(\tau_{max})_{mod} = 0,106 \cdot n$$

где:  $n$  - порядок полосы на эпюрах напряжений;

$d$  - толщина плоской модели почвы;

$\sigma_o^{1,0}$  - цена полосы материала модели.

Напряжения, полученные при исследованиях в условиях использования модели почвы, пересчитывают на натуру по формуле:

$$(\tau_{max})_H = \frac{P_H L_M d_M}{P_M L_H d_H} (\tau_{max})_M$$

где:  $P_M, P_H$  - соответственно нагрузка в модели и натуре, Н;

$L_M, L_H$  - линейные размеры модели и натуре, м;

$d_M, d_H$  - толщина модели и натуре, м;

$(\tau_{max})_M, (\tau_{max})_H$  - напряжения в модели и натуре, Па.

Следует подчеркнуть, что в зависимости от содержания желатина свойства игдонтина меняются в широком интервале. Результаты сравнительных испытаний моделей почвоуглубительной лапы и ножа-рыхлителя приведены в табл. 1.

Анализ первого, второго и третьего номеров регистрации картин изохром, представленных для модели почвоуглубительной лапы, показывает, что в нижней контактной зоне максимум контурных напряжений образуется в одном и том же месте, что и при модели, т.е. на расстоянии 12,5 см от лезвия рабочего органа, при этом в верхней контактной зоне при увеличении горизонтальной составляющей усилия резания находится в пределах от 10 Н до 20 Н, наибольшие напряжения практически одинаковы.

Следует отметить, что во всех исследуемых вариантах моделей рабочих органов максимальные напряжения возникают не на их передней части, а на верхней или нижней контактных зонах. Этот эффект связан, очевидно, с суперпозицией полей напряжений, возникающих в точке излома свободного контура модели почвы при внедрении модели рабочего органа в его переднюю часть.

Кроме того, процесс обработки почвы сопровождается резанием, то есть образованием разрушения, а процесс трещинообразования разрушает напряженную зону и перераспределяет поля напряжений, сдвигая их в сторону от пути распределения трещины, которая устанавливается перпендикулярно открытой поверхности и пробегает наименьшее расстояние до выхода на поверхность.

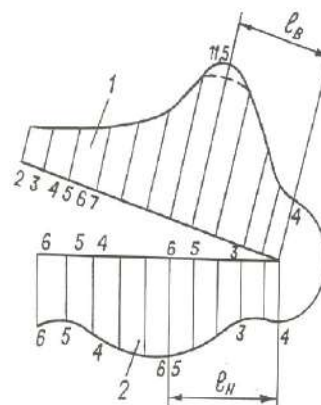


Рис. 3. Эпюры сжимающих напряжений  $t_{max}$  от воздействия на модель почвы почвоуглубительной лапы при горизонтальном усилии 20 Н: 1 – на рабочей поверхности; 2 – на нижней грани

Эти факторы могут способствовать возникновению максимальных сжимающих касательных по боковым режущим частям рабочего органа.

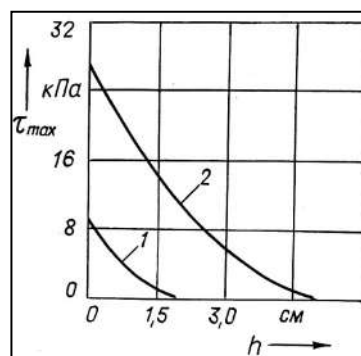


Рис. 4. Изменения  $t_{max}$  по глубине переуплотненной подшвы: 1 – для ножа-рыхлителя, 2 – для почвоуглубительной лапы

Для изучения механизма уплотнения почвы использованы картины изохром, результаты обработки которых представлены на рис. 4 в виде зависимостей изменения  $t_{max}$  от глубины под центром переуплот-

Таблица 1

Результаты сравнительных испытаний

Тип модели	Время, мин.	Горизонтальная составляющая нагрузка, Н	Порядок изохром		Напряжение, МЗа, $t_{max}=(s_1 - s_2)/2$	
			под моделью	над моделью	под моделью	над моделью
Почвоуглубительная лапа	120	10	9,5	6,0	0,395	0,249
	120	20	11,0	5,8	0,456	0,223
	150	20	11,0	6,0	0,456	0,249
	120	30	13,5	6,0	0,560	0,332
Ножи-рыхлители	120	10	2,0	1,26	0,049	0,042
	120	20	2,6	1,20	0,066	0,030
	130	20	3,1	1,5	0,080	0,046
	150	30	4,5	1,5	0,180	0,058

ненной подошвы для различных рабочих органов. Следует также отметить, что протаскивание рабочего органа почвоуглубителя осуществляется на ширине захвата почвоуглубительной лапы, равной 30 см, а с двумя ножами-рыхлителями - на ширине 4 см.

Таким образом, при работе ножей-рыхлителей в 7,5 раза меньше уплотняется подпахотный слой и практически вторичная плужная подошва не образуется.

Тем самым, создаются условия для полноценного развития корневой системы растений и эффективного использования поливной воды.

**Список литературы:**

1. Славин О.К., Мурадов М., Сорокин С.Н. Подобия и моделирование не линейных контактных задач // Расчеты на прочность. –М: 1989. –Вып 29. – С. 262-278.
2. Славин О.К. Основные положения теории подобия и моделирования при исследованиях методом фотоупругости. -В кн: Метод фотоупругости. – М.: Стройиздат, 1975. – Том 1. –С 12-32.
3. Аустов В.С., Гончаров А.А., Скребцов А.И. и др. Исследование методами фотомеханики, голографической интерферометрии и спекл-фотографии напряженно деформированного состояния элементов клиновых механизмов свободной хода // Расчеты на прочность – М.: Машиностроение, 1986, – Вып.27, – С. 195-208.

УДК 631.312.5: 633.511 (043.3)

© Мурадов Н.М., Мурадов Ш.М., Муртазов А.Н. 2014 г.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОРПУСОВ ДВУХЪЯРУСНОГО ПЛУГА

Мурадов Н.М., декан факультета «Гидромелиорация» Бухарского филиала ТИИМ, докт. техн. наук; Мурадов Ш.М., зав. кафедры «Механика» БухИТИ, канд. техн. наук; Муртазов А.Н., студент БухИТИ

*Maqolada ikki yarusli plugning energetik ko,rsatkichlari aniqlangan bo,lib, u asosan tuproqning fizik - mexanik xossalriga, ag'darma yuzasi formasiga, hamda korpusning effektiv parametrlariga va agregatning harakat tezligiga bog,liqligining tahliliy talqini keltirilgan.*

*Tayanch iboralar: tuproqqa ishlov berish, ikki qavatli plug, yuqori va pastki korpus, ag'dargich sirti.*

*Energy indicators of double-depth plow are determined in this article which mainly depend on physical and mechanical properties of ground, form of dumped surface, effective plow characteristics, and travel speed of the unit.*

*Key words: soil cultivation, double-depth plow, upper and lower decks, surface area.*

Пахота является самой энергоемкой операцией при возделывании хлопчатника и зерновых культур. Известно, что на основную обработку почвы расходуется до 40% от всех затрат по возделыванию и уборке урожая хлопка. В республике для основной обработки почвы используется около 12 тыс. пахотных агрегатов. Поэтому снижение энергоемкости вспашки является важной проблемой и положительное её решение имеет большое народнохозяйственное значение [1-5].

Тяговое сопротивление одной пары (верхнего и нижнего) корпусов двухъярусного плуга можно определить из следующего выражения (рис. 1).

$$R = R_{xn} + R_{xs} + F, \quad (1)$$

где,  $R_{xn}$  - тяговое сопротивление нижнего корпуса, Н;

$R_{xs}$  - тяговое сопротивление верхнего корпуса, Н;

$F$  - тяговое сопротивление полевой доски, Н.

Общее тяговое сопротивление нижнего корпуса

определяются следующим образом:

$$R_{xn} = R_{pn} + R_{zn} + R_{cn} + R_{dn} + R_{lon}, \quad (2)$$

где:  $R_{pn}$ - сила, необходимая для разрушения почвы лемехом нижнего корпуса, Н;

$R_{zn}$  - сила, необходимая для смятия почвы затылочной фаской лемеха нижнего корпуса, Н;

$R_{cn}$ - сила, необходимая для статического подъема пласта лемехом нижнего корпуса, Н;

$R_{dn}$  - сила, необходимая для динамического подъема пласта лемехом нижнего корпуса, Н;

$R_{lon}$  - сопротивление лемешно-отвального нижнего корпуса, Н.

Сила, необходимая для разрушения почвы лемехом нижнего корпуса, определяется по формуле, приведенной в работе автора [2]:

$$R_{pn} = \frac{\pi}{4} \sigma_{pm} \cdot \epsilon_n \cdot a_n [1,5(1 + \kappa_n) - \sqrt{\kappa_n}] \cdot$$

$$\frac{\sin \epsilon_n + tg \varphi_n \cdot ctg \gamma_n (1 + \sin \gamma_n)}{\cos \epsilon_n}, \quad (3)$$

где  $\sigma_{pH}$  - напряжение разрыва почвы пласта нижнего яруса, Па;

- $e_n$  - ширина захвата корпуса, м;
  - $a_n$  - толщина пласта нижнего яруса, м;
  - $\kappa_n$  - безразмерный коэффициент;
  - $\varepsilon_n$  - угол между дном борозды и лемехом нижнего корпуса, град;
  - $\gamma_n$  - угол установки лезвия лемеха нижнего корпуса к стенке борозды, град;
  - $\varphi_n$  - угол трения почвы пласта о сталь, град.
- Сила, необходимая для смятия почвы затылочной фаской лемеха нижнего корпуса [3]:

$$R_{z_n} = q_n \cdot h_n^2 \cdot e_n \frac{ctg \theta_n \cdot \sin(\theta_n + \varphi_n)}{\cos \varphi_n \cdot \sin \gamma_n}, \quad (4)$$

где  $q_n$  - коэффициент объёмного смятия почвы пласта нижнего яруса, Н, м<sup>3</sup>;

- $h_n$  - высота затылочной фаски лемеха нижнего корпуса, м;
- $\theta_n$  - угол между дном борозды и затылочной фаской, град.

Сила, необходимая для статического подъёма почвы лемехом нижнего корпуса [3]:

$$R_{c_n} = \rho_n \cdot g \cdot a_n \cdot c_n \cdot e_n \frac{\cos \varepsilon_n \cdot \sin(\varepsilon_n^1 + \varphi_n)}{\cos \varphi_n \cdot \sin \gamma_n}, \quad (5)$$

- где  $\rho_n$  - плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;
- $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;
- $C_n$  - ширина лемеха нижнего корпуса, м;
- $\varepsilon_n^1 = arctg(tg \varepsilon_n \cdot \sin \gamma_n)$ .

Сила, необходимая для динамического подъёма почвы лемехом нижнего корпуса [3]:

$$R_{d_n} = 2\rho_n \cdot a_n \cdot e_n \cdot g^2 \frac{\sin \varepsilon_n \cdot \sin \gamma_n \cdot \sin(\varepsilon_n^1 + \varphi_n)}{\cos \varphi_n}, \quad (6)$$

где  $v$  - скорость движения агрегата, м/с.

При работе корпуса плуга имеет место горизонтальный надвиг почвы на лемешно-отвальную поверхность, на которую существенное влияние оказывают сопротивление, вес и сила инерции почвы, а также сопротивление деформирований пласта и прилипания почвы.

Сопротивление деформирования почвы имеет небольшое значение, по данным авторов работ [4, 5] им можно пренебречь.

В таком случае:

$$R_{ло_n} = P_{GH} + P_{IH} + P_{nH}. \quad (7)$$

Сопротивление от веса почвы:

$$P_{GH} = a_n \cdot e_n \cdot \rho_{nn} \cdot g \cdot \kappa_y \cdot r_n \cdot \lambda, \quad (8)$$

где  $r_n$  - радиус кривизны подъемной поверхности (отвала), м;

$\kappa_y$  - коэффициент усадки почвы;

$\lambda$  - коэффициент влияния угловых параметров (углов  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \gamma$ ) лемешно-отвальной поверхности на сопротивление от веса почвы подъемной поверхности (рис. 2).

Сопротивление от силы инерции почвы:

$$P_{IH} = a_n \cdot e_n \cdot \rho_{nn} \cdot \kappa_y^{-1} \cdot V^2 \cdot \xi, \quad (9)$$

где  $\xi$  - коэффициент влияния угловых параметров лемешно-отвальной поверхности на сопротивление, вызванное инерцией почвы.

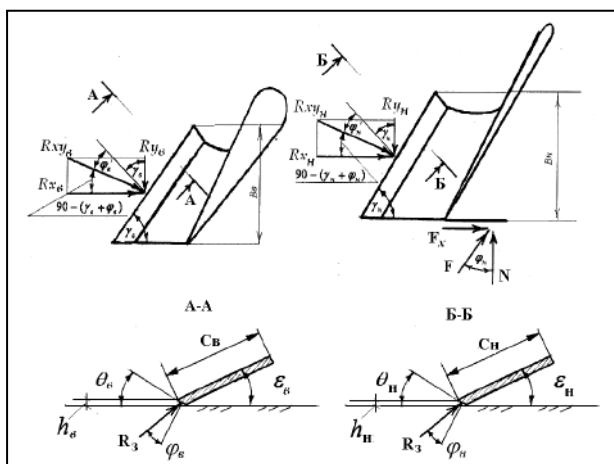


Рис.1. Схема определения тягового сопротивления верхнего и нижнего корпусов двухъярусного плуга

Сопротивление от прилипания почвы:

$$P_{mn} = q_{cn} \cdot e_n \cdot r_n \cdot \mu, \quad (10)$$

где  $q_{cn}$  - удельная сила прилипания почвы к лемешно-отвальной поверхности, Н/м<sup>2</sup>;

$\mu$  - коэффициент влияния угловых параметров лемешно-отвальной поверхности на ее сопротивление.

Из представленных зависимостей видно, что сопротивление лемешно-отвальной поверхности и корпуса плуга, вызванное липкостью почвы, пропорционально удельной силе прилипания почвы к лемешно-отвальной поверхности, значению коэффициентов влияния угловых параметров лемешно-отвальной поверхности.

Подставив значения (8),(9) и (10) в (7), получим:

$$R_{ло_n} = a_n \cdot e_n \cdot \rho_{nn} \cdot g \cdot \kappa_y \cdot (r_n \cdot \lambda + \kappa_y^{-2} \cdot V^2 \cdot \xi_n) + q_{cn} \cdot e_n \cdot r_n \cdot \mu. \quad (11)$$

Подставляя (4), (5), (6), (11) и (13) в (2), получим общее тяговое сопротивление нижнего корпуса в следующем виде (12):

$$R_{zn} = e_n \left\{ a_n \left[ \frac{\pi}{4} \sigma_{pn} [1,5(1 + \kappa_n) - \sqrt{\kappa_n}] \frac{\sin \varepsilon_n + tg \varphi_n ctg \gamma_n (1 + \sin \gamma_n)}{\cos \varepsilon_n} + \right. \right.$$

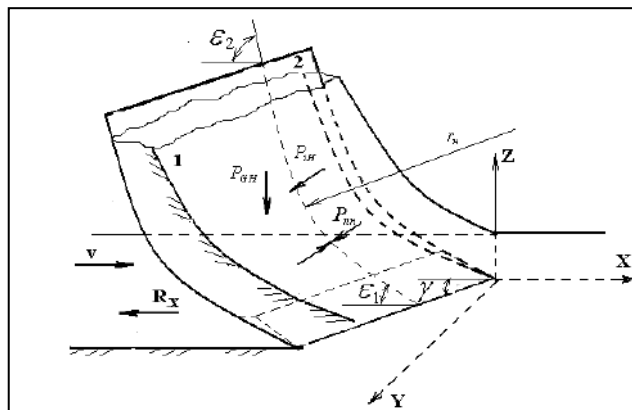


Рис. 2. Схема сил, действующих на лемешно-отвальную поверхность корпуса

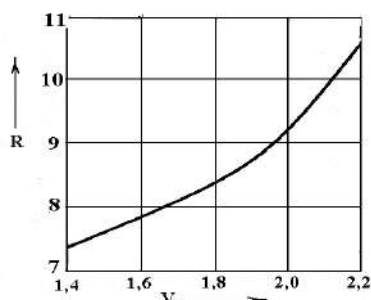


Рис. 3. Тяговое сопротивление одной пары корпусов двухъярусного плуга в зависимости от скорости движения агрегата

$$+ \frac{\rho_{n_1} g}{\cos \varphi_n} \sin[\arctg(tg \varepsilon_n \sin \gamma_n) + \varphi_n] \left\{ c_n \frac{\cos \varepsilon_n + 2 \frac{V^2}{g} \sin \gamma_n \sin \varepsilon_n}{\sin \gamma_n} \right. \\ \left. + \rho_{n_1} \kappa_y (r_n g \lambda_n + \kappa_y^2 V^2 \xi_n) \right\} + q_n h_n^2 \frac{ctg \theta_n \sin(\theta_n + \varphi_n)}{\sin \gamma_n \cos \varphi_n} + q_{cn} r_n \mu_n \left. \right\}$$

Аналогично определим тяговое сопротивление верхнего корпуса:

$$R_{x_1} = R_{p_1} + R_{s_1} + R_{c_1} + R_{d_1} + R_{\lambda_{o_1}} \quad (13)$$

Сила, необходимая для разрушения почвы лемехом верхнего корпуса:

$$R_{p_1} = \frac{\pi}{4} \sigma_{p_1} \cdot \varepsilon_1 \cdot a_1 [1,5(1 + \kappa_1) - \sqrt{\kappa_1}] \cdot \frac{\sin \varepsilon_1 + tg \varphi_1 \cdot ctg \gamma_1 (1 + \sin \gamma_1)}{\cos \varepsilon_1} \quad (14)$$

Сила, необходимая для смятия почвы затылочной фаской лемеха верхнего корпуса:

$$R_{s_1} = q_1 \cdot h_1^2 \cdot \varepsilon_1 \frac{ctg \theta_1 \cdot \sin(\theta_1 + \varphi_1)}{\cos \varphi_1 \cdot \sin \gamma_1} \quad (15)$$

Для статического подъема почвы лемехом верхнего корпуса:

$$R_{c_1} = \rho_{n_1} \cdot g \cdot a_1 \cdot c_1 \cdot \varepsilon_1 \frac{\cos \varepsilon_1 \cdot \sin(\varepsilon_1 + \varphi_1)}{\cos \varphi_1 \cdot \sin \gamma_1} \quad (16)$$

Для статического подъема почвы лемехом нижнего корпуса:

$$R_{d_1} = 2 \rho_{n_1} \cdot a_1 \cdot \varepsilon_1 \cdot V^2 \frac{\sin \varepsilon_1 \cdot \sin \gamma_1 \cdot \sin(\varepsilon_1 + \varphi_1)}{\cos \varphi_1} \quad (17)$$

Сила сопротивления лемешно-отвальной поверхности корпуса верхнего яруса:

$$R_{\lambda_{o_1}} = a_1 \cdot \varepsilon_1 \cdot \rho_{n_1} \cdot g \cdot \kappa_y \cdot (r_1 \cdot \lambda + \kappa_y^2 \cdot V^2 \cdot \xi) + q_{c_1} \cdot \varepsilon_1 \cdot r_1 \cdot \mu \quad (18)$$

Подставляя (14), (15), (16), (17) и (18) в (13), получим общее тяговое сопротивление верхнего корпуса плуга в следующем виде (19):

$$R_{x_1} = \varepsilon_1 \left\{ a_1 \left[ \frac{\pi}{4} \sigma_{p_1} [1,5(1 + \kappa_1) - \sqrt{\kappa_1}] \frac{\sin \varepsilon_1 + tg \varphi_1 \cdot ctg \gamma_1 (1 + \sin \gamma_1)}{\cos \varepsilon_1} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\rho_{n_1} g}{\cos \varphi_1} \sin[\arctg(tg \varepsilon_1 \sin \gamma_1) + \varphi_1] \left\{ c_1 \frac{\cos \varepsilon_1 + 2 \frac{V^2}{g} \sin \gamma_1 \sin \varepsilon_1}{\sin \gamma_1} \right\} + \right. \right. \\ \left. \left. + \rho_{n_1} \kappa_y (r_1 g \lambda_1 + \kappa_y^2 V^2 \xi_1) \right\} + q_1 h_1^2 \frac{ctg \theta_1 \sin(\theta_1 + \varphi_1)}{\sin \gamma_1 \cos \varphi_1} + q_{c_1} r_1 \mu_1 \right\}$$

Определим тяговое сопротивление полевой доски из условия равновесия проекции сил на ось OY:

$$\sum Y_i = 0; \quad -R_y'' + N_1 - R_y^e = 0.$$

Отсюда:

$$N_1 = R_y'' + R_y^e \quad (20)$$

В работе авторы [5] предлагают определять величину силы F по известной  $R_x$ :

$$F = R_{xy} \cdot ctg(\gamma + \varphi_1), \quad (21)$$

где  $\varphi_1$  - угол, образуемый направлением проекции равнодействующей силы сопротивления почвы  $R_{xy}$  на плоскость XOY с нормалью к лезвию лемеха:

$$tg \varphi_1 = \frac{tg \varphi \cdot \cos \gamma}{\sin \varepsilon + tg \varphi \cdot \sin \gamma \cdot \cos \varepsilon}$$

Отсюда:

$$\varphi_1 = \arctg \frac{tg \varphi \cdot \cos \gamma}{\sin \varepsilon + tg \varphi \cdot \sin \gamma \cdot \cos \varepsilon}$$

Поэтому:  $R_y'' = R_{x_1} \cdot ctg(\gamma + \varphi_1)$ ;

$$R_y^e = R_{x_2} \cdot ctg(\gamma + \varphi_1^e),$$

где

$$\varphi_1^e = \arctg \frac{tg \varphi_n \cdot \cos \gamma_n}{\sin \varepsilon_n + tg \varphi_n \cdot \sin \gamma_n \cdot \cos \varepsilon_n},$$

$$\varphi_1^e = \arctg \frac{tg \varphi_e \cdot \cos \gamma_e}{\sin \varepsilon_e + tg \varphi_e \cdot \sin \gamma_e \cdot \cos \varepsilon_e}.$$

Следовательно:

$$N = R_{x_1} \cdot ctg(\gamma_n + \varphi_1^e) + R_{x_2} \cdot ctg(\gamma_e + \varphi_1^e) \quad (22)$$

Сила трения полевой доски о стенку борозды, учитывая, что у существующих двухъярусных плугов полевая доска установлена на нижнем корпусе:

$$F_x = f \cdot N, \text{ так, как } f_n = tg \varphi_n,$$

$$F_x = f \cdot N = tg \varphi_n [R_{x_1} \cdot ctg(\gamma_n + \varphi_1^e) + R_{x_2} \cdot ctg(\gamma_e + \varphi_1^e)] \quad (23)$$

Подставляя значения выражений (12), (19) и (23) в (1), после упрощения получим выражение, описывающее тяговое сопротивление одной пары корпусов двухъярусного плуга. Сила прилипания почвы к лемешно-отвальной поверхности невелика [4], а сопротивление от смятия почвы затылочными фасками лемехов, по данным [3], составляет 0,4% от общего тягового сопротивления, в связи с чем сопротивлениям  $P_{m_1}, P_{n_1}$  и  $R_{y_1}, R_{y_2}$  можно пренебречь.

Тогда суммарное тяговое сопротивление будет представлено в следующем виде (24):

$$R = \varepsilon_1 [1 + tg \varphi_n \cdot ctg(\gamma_n + \arctg \frac{tg \varphi_n \cdot \cos \gamma_n}{\sin \varepsilon_n + tg \varphi_n \cdot \sin \gamma_n \cdot \cos \varepsilon_n})] \times \\ \times \left\{ a_1 \left[ \frac{\pi}{4} \sigma_{p_1} [1,5(1 + \kappa_1) - \sqrt{\kappa_1}] \frac{\sin \varepsilon_1 + tg \varphi_1 \cdot ctg \gamma_1 (1 + \sin \gamma_1)}{\cos \varepsilon_1} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\rho_{n_1} g}{\cos \varphi_1} \sin[\arctg(tg \varepsilon_1 \sin \gamma_1) + \varphi_1] \cdot \left\{ c_1 \frac{\cos^2 \varepsilon_1}{\sin \gamma_1} + \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + 2 \frac{V^2}{g} \sin[\arctg(tg \varepsilon_1 \sin \gamma_1)] \right\} \rho_{n_1} \cdot K_y (r_1 \lambda_1 + \kappa_y^2 \cdot V^2 \cdot \xi_1) \right\} + \right. \\ \left. + \varepsilon_1 [1 + tg \varphi_e \cdot ctg(\gamma_e + \arctg \frac{tg \varphi_e \cdot \cos \gamma_e}{\sin \varepsilon_e + tg \varphi_e \cdot \sin \gamma_e \cdot \cos \varepsilon_e})] \times \right. \\ \left. \times \left\{ a_1 \left[ \frac{\pi}{4} \sigma_{p_1} [1,5(1 + \kappa_1) - \sqrt{\kappa_1}] \frac{\sin \varepsilon_2 + tg \varphi_2 \cdot ctg \gamma_2 (1 + \sin \gamma_2)}{\cos \varepsilon_2} + \right. \right. \right.$$

$$+ \frac{\rho_{ns} \cdot g}{\cos \varphi_e} \cdot \sin[\arctg(tg \varepsilon_e \cdot \sin \gamma_e) + \varphi_e] \cdot \left\{ c_e \frac{\cos^2 \varepsilon_e}{\sin \gamma_e} + \right. \\ \left. + 2 \frac{V^2}{g} \sin[\arctg(tg \varepsilon_e \cdot \sin \gamma_e)] \right\} + \rho_{ns} K_y (r_e \cdot \lambda_e + K_y^{-2} \cdot V \cdot \xi_e) \quad \}}}$$

Полученная формула (24) показывает, что тяговое сопротивление верхнего и нижнего корпусов двухъярусного плуга зависят от физико-механических свойств почвы, формы отвальных поверхностей, а также конструктивных параметров корпуса и скорости движения агрегата, на основе которых разработана их программа расчёта с применением современной компьютерной техники.

В расчетах принято:  $a_e = a_n = 0,15 \text{ m}$ ;  $\varepsilon_e = \varepsilon_n = 0,35 \text{ m}$ ;  $\sigma_{pn} = 4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ ;  $\sigma_{pe} = 2 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ ;  $\varepsilon_n = \varepsilon_e = 30^\circ$ ;  $\gamma_n = 42^\circ$ ;  $\gamma_e = 40^\circ$ ;  $tg \varphi_n = 0,7$ ;  $tg \varphi_e = 0,5$ ;  $\rho_e = 1,1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ;  $\rho_n = 1,4 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ;  $c_e = c_n = 0,12 \text{ m}$ ;  $g = 9,8$ ;  $\kappa_y = 1,1$ ;  $\kappa_y = 1,1$ ; ( $\lambda = \xi = \mu = \kappa_e = \kappa_n = 1$  приняты условно).

На рис. 3 приведена параболическая зависимость тягового сопротивления одной пары корпусов двухъярусного плуга от скорости движения агрегата. Полученная зависимость показывает, что с увеличением скорости движения агрегата с 1,4 до 2,2 м/с тяговое сопротивление увеличивается с 7,40 до 10,625 кН. Результаты полученных данных хорошо согласуются с результатами экспериментальных исследований.

#### Список литературы:

1. Юдкин В.В. Тяговое сопротивление плоскорезов глубоких плетелей. // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства. 1984. - № 5. - С. 15 – 17.
2. Вилде А.А. Влияние конструктивных параметров лемешно-отвальной поверхности и корпуса плуга на их тяговое сопротивление. Механизация и электрификация сельского хозяйства. Выпуск VIII(XV). Рига. 1983. – С. 203 – 230.
3. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – С. 147
4. Тукубаев А.Б., Тухтакузиев А. Теоретические предпосылки к определению тягового сопротивления рабочих органов орудия для двухъярусной обработки почвы. // Интенсификация механизированных процессов при возделывании хлопчатника. – Ташкент. 1990. - С. 28 – 37.
5. Тухтакузиев А., Абдуллаев Д.А. Обоснование параметров энергосберегающего плуга // Қишлоқ хўжалигини механизациялашга доир истиқболли технологик жараёнлар бўйича илмий тадқиқотларнинг натижалари. -Гулбаҳор, 2006. 30-39 б.

УДК 547.371:547.372

© Хамраев К.Ш., Махсумов А.Г., Мухиддинов Б.Ф., Шомуродова Ш.Х., Вапоев Х.М., Умрзаков А.Т. 2014 г.

## ЦИТИЗИНОВЫЕ МЕТАКРИЛАТЫ, СОДЕРЖАЩИЕ ТРОЙНЫЕ СВЯЗИ

Хамраев К.Ш., ст. преподаватель кафедры «Химия и экология» НГПИ; Махсумов А.Г., профессор кафедры «Химия и методика преподавания» ТашГТУ, докт. хим. наук; Мухиддинов Б.Ф., проректор по научной работе НГПИ, докт. хим. наук, профессор; Шомуродова Ш.Х., ст. преподаватель кафедры «Химия и методика преподавания» ТашГТУ; Вапоев Х.М., доцент кафедры «Химическая технология» НГПИ, канд. техн. наук; Умрзаков А.Т., ст. научный сотрудник-соискатель кафедры «Химическая технология» НГПИ

*Maqolada 4- (N-sitizino-butin-2-ola-1) ning olinish usuli va uning asosida metakril kislotasining xlorangidridi bilan asillash jarayoni natijalari keltirilgan. Olingan moddalarning xarakteristik konstantalari aniqlangan va kimyoviy tuzilishlari element tahlil va IK-spektrlari bilan isbotlangan. Kvantokimyoviy hisoblashlar amalga oshirilgan va olingan natijalar asosida molekulaning reaksiyon markazlari ko'rsatilgan.*

*Tayanch iboralar: sitizin amino-butin-ol-1, kimyoviy tuzulish, element tahlili, 4-(N-sitizin-butin-2-il) efir metakril kislotasi, metakril kislotasi, IK spektr tahlil, dimetilformadid, dimetilsul'foksid, kvantokimyoviy hisoblash, molekular reaksiya markazi, zaryadlarning taqsimlanishi, elektron mustahkamlik.*

*Methods for the production of 4-(n-cytisine-butyn-2-ol)-1, and reaction of acid chloride acetylation with methacrylic acid are described in this article. Characteristic constants are determined and chemical structures of synthesized materials using methods of element analysis and IR-spectrum are proved. Quanta-chemical calculations are made and molecule reaction centers are shown on the basis of obtained results.*

*Key words: 4-(n-cytisine-butyn-2-ol)-1, chemical structure, element analysis, 4-(n-cytisine-butyn-2-yl)-1 ether of methacrylic acid, methacrylic acid, IR-spectroscopy, dimethylformamide, dimethylsulfoxide, quanta-chemical calculations, molecule reaction centers, charge distribution, electron density.*

В развитии химии и технологии прикладных органических соединений особое место приобрели направления тонкого органического синтеза вещества, среди которых значительная роль отводится производным цитизино амино-бутин-2-олов и метакрилатов, полученных на основе реакции ацилирования.

В последнее время многочисленные исследования в области производных аминокетиленовых спиртов и метакрилатов, проводимых в XXI веке, побуждаются не только фундаментальными, но и прикладными потребностями ряда отраслей полимерной промышленности. С этой точки зрения исследования непередельных производных алифатических, гетероциклических аминокетилено-метакрилатов представляют несомненный интерес как к редким полезным веществам, обладающим различной биологической, физиологической, фармакологической и технической активностью. В сельском хозяйстве они нашли широкое применение как биостимуляторы дефолианты, гербициды, пестициды, бактерициды, фунгициды, флокулянты и многие др. В связи с этим нами были предложены универсальные, практичные, недорогие, ранее проведенные, исследования в области тонкого синтеза новых производных цитизина -бутинил-2-метакрилата с изучением химических свойств.

В литературе [1-5] описан способ получения аминокетиленовых эфиров гетероциклических, алифатических аминов. В настоящей работе осуществлен синтез производных цитизина по реакции аминотетилирования с пропин-2-олами-1 (рис. 1, 2, табл. 1-3). Так, взаимодействием реакции при нагревании в спирте цитизина, пропин-2-ола-1 и параформы были получены производные цитизино-бутин-2-ола-1 по схеме, показанной на рис. 1.

Синтезированный цитизиновый аминокетил-бутин-ол-1 представляет собой белое кристаллическое вещество, неперегоняющуюся жидкость, но растворимую в воде и органических растворителях. Физико-химические параметры синтезированного вещества приведены в табл. 1.

В ИК-спектре показало наличие пиридинового кольца (1639, 1542, 800 см<sup>-1</sup>), N-замещенного алкила (2700 -2800 см<sup>-1</sup>), гидроксильной групп (3394 см<sup>-1</sup>) и ацетиленовой группировки (2210 см<sup>-1</sup>). Далее 4-(N-цитизино-бутин-2-ола-1) взаимодействовали с

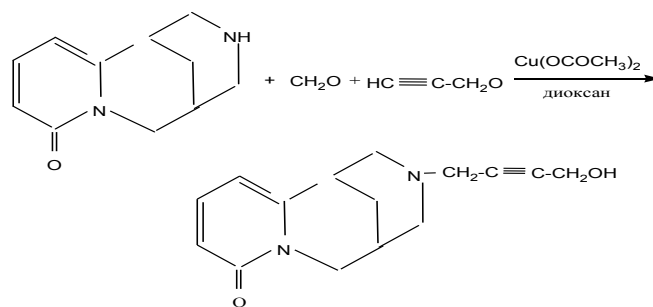
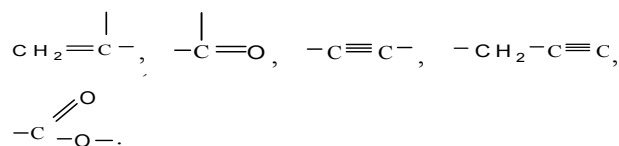


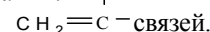
Рис. 1. Схема получения производных цитизино-бутин-2-ола-1

хлорангидридами метакриловой кислоты в присутствии пиридина в среде инертного органического растворителя. Синтезированный 4-(N-цитизино-бутин-2-ил)-овый эфир метакриловой кислоты представляет собой неперегоняющееся сиропообразное вещество. Очистка 4-(N-цитизино-бутин-2-ил)-ового эфира метакрилата производилась пропусканием его в виде эфирного раствора через колонку, наполненную Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

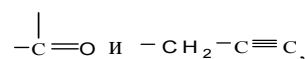
Цитизиноацетиленовые эфиры метакриловой кислоты хорошо растворяются в ацетоне, бензоле, четыреххлористом углероде, нитробензоле, диоксане ДМФА ДМСО и не растворяются в воде. Для доказательства строения синтезированного соединения, кроме элементного анализа, был снят его ИК-спектр. В ИК-спектре, синтезированного аминокетил-эфира, имеются полосы поглощения, характерные для связи:



Например: ИК спектре 4-(N-цитизино-бутин-2-ил)-ового эфира метакриловой кислоты видна полоса поглощения в области 1646 см<sup>-1</sup>, характерная для валентных колебаний:



Полосы в области 1735 и 1460 см<sup>-1</sup> свидетельствуют о наличии валентных колебаний:



группы соответственно, 2233 см<sup>-1</sup>, о наличии:

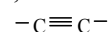


Таблица 1

Физико-химические параметры цитизино-бутин-ола-1

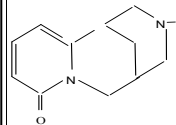
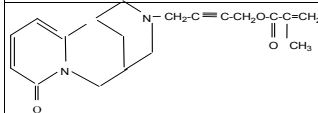
Структурная формула и название	T <sub>пл.</sub> , С <sup>0</sup>	Выход, %	R <sub>f</sub>	Брутто формула	Элементный анализ, %						M <sub>M</sub>
					C	H	N	C	H	N	
	77-78	64/6	0,73	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	69,76	6,97	10,85	69,57	6,73	10,68	258

Таблица 2

Некоторые характеристики 4- (N-цитизино-бутин-2-ол)ового эфира метакрилата

Соединение	Выход, %	Т <sub>кип.</sub> или Т <sub>пл.</sub>	R <sub>f</sub>	Элементный анализ, %						Брутто формула	M <sub>M</sub>
				вычислено			найдено				
				C	H	N	C	M	N		
	77,6	Непереч ХГ 196-197	0,68	69,93	6,74	8,58	69,85 70,03	6,65 6,58	8,44 8,50	C <sub>19</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	326

дизамещенных связей и полосы в области 1328 и 1343 см<sup>-1</sup>, о присутствии трет.аминогруппы:



а также о наличии пиридинового кольца (1646,1543,800 см<sup>-1</sup>). ( ),

Некоторые характеристики 4- (N-цитизино-бутин-2-ол)-ового эфира метакрилата приведены в табл. 2.

Результатом применения методов квантовой химии является информация о плотностях электронных состояний, распределение электронной плотности, потенциальные поверхности реакций и расчеты различных спектроскопических величин.

В настоящее время методы квантовой химии являются более дешевыми, доступными и универсальными методами исследования электронной структуры молекул. Правда, необходимо понимать, что, тем не менее, нет возможности совсем отказаться от дорогостоящих экспериментальных методов исследования вещества.

Активность молекулы в каких-либо реакциях в основном зависит от ее структуры и энергетических характеристик. Предсказание реакционной способности органических молекул является весьма трудной и актуальной задачей. С развитием квантово-химических методов расчетов химии приобрели

возможность планирования экспериментальных исследований и проведения направленного синтеза целевых продуктов. Нами также проведены квантово-химические расчеты (общая энергия, энергия образования, теплота образования, энергия электрона, энергия ядра, дипольный момент, заряд атома кислорода) (табл. 3).

Исследования структуры, распределения зарядов, электронной плотности и энергетических характеристик выбранных молекул полуэмпирическим квантово-химическим методом позволяют выявить реакционные центры молекул и показывают, что такие данные могут быть эффективно использованы для конкретной координации молекул (рис. 2).

*Экспериментальная часть.* В трехгорлой колбе, снабженной обратным холодильником с хлоркальцевой трубкой, капельной воронкой и мешалкой кипятят 1 h 1,0 g (0,005 мол) цитизина, 0,25 g (0,0077 мол) параформа в 5 ml абсолютного этанола. Затем вносят 0,1 g безводного ацетата меди, прибавляют по каплям 0,005 моль пропион-2-ола-1, растворенного в 20 ml сухого диоксана и нагревают при 102-1040С 7 h. В реакционную смесь добавляют 100 ml 5% соляной кислоты. Водный слой подщелачивают 25% раствором аммиака и экстрагируют эфиром. Эфирную вытяжку сушат

Таблица 3

Квантово-химические расчеты исследованных соединений

Квантово-химические параметры	Природа соединения				
	Исходные вещества			Синтезированные соединения	
	цитизин	пропион-2-ола-1	параформ	4- (N-цитизино-бутин-2-ола) -1	4- (N-цитизино-бутин-2-ил)-ового эфира метакрилата
Общая энергия, ккал/моль	-49288,77	-16349,93	-10209,32	-68373,16	-87491,76
Энергия образования, ккал/моль	-2910,28	-776,28	-368,78	-3855,95	-4835,83
Теплота образования, ккал/моль	-15,51	4,353	-34,13	-9,655	-38,008
Энергия электрона, эВ	-319498,65	-45679,01	-19246,93	-481541,21	-666510,12
Энергия ядра, ккал/моль	270209,90	29329,09	9037,60	413168,06	579018,37
Дипольный момент (D)	3,166	1,58	2,164	2,368	5,141
Заряд атома кислорода	-	-0,302	-0,310	-0,301	-0,263

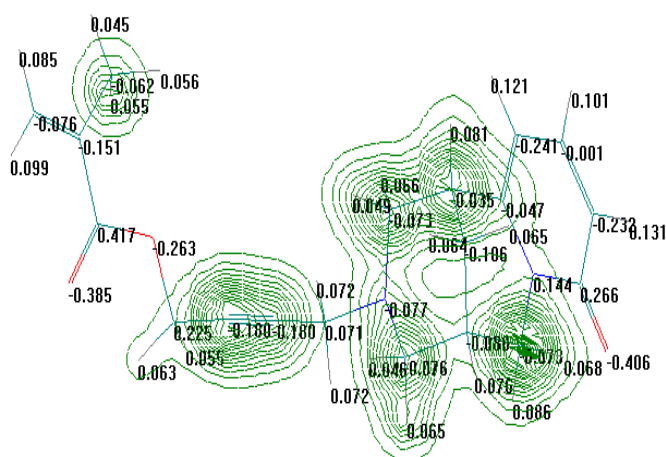


Рис. 2. Распределение зарядов в молекуле и распределение электронной плотности по атомам в молекуле 4-(N-цитизино-бутин-2-ол)-1 эфира метакрилата

безводным сульфатом натрия. После отгонки растворителя остаток перекристаллизуют из эфира или очищают пропусканием эфирного раствора колонку с  $Al_2O_3$  (2-степень активности). Индивидуальность всех веществ подтверждена бумажной хроматографией ( $n-C_4H_9OH + HCl + H_2O = 200:15:27$ ) и хроматографией на тонком слое окиси алюминия (эфир: ацетон= 4:1). ИК-спектр снят в растворе сероуглерода на спектрометре UR-20. Таким образом, полученные производные 4-(N-цитизино-бутин-2-ил)-ового метакрилата, можно отнести к семейству нового направления аминоацетиленметакрилатов, используемых в качестве мономера для получения полимеров и сополимеров, препаратов для медицины пролонгированного действия, а также пестицидов и дефолиантов в сельском хозяйстве.

#### Список литературы:

1. Зайнутдинов У.Н., Махсумов А.Г., Ильхамджанов П., Аслонов Х.А., Кушмуратов Ю.К., Садыков А.С. Производные цитизина, содержащие тройную связь химии гетероциклических соединений, Рига, 1971, №5, с. 655-656.
2. Махсумов А.Г., Абдуллаев Ш.У.. Получение некоторых производных трет. аминопропаргильовых эфиров непредельных кислот Узб.хим. ж., №5, 1969, с.68-70.
3. Махсумов А.Г., Абдуллаев Ш.У., Кадыров Б. Получение некоторых производных трет. аминопропаргильовых эфиров метакриловой кислоты. Узб.хим. ж., 1971, №№, с. 68-71.
4. Асадуллаева Г.А. Получение и свойства изотиоцианатных производных с ацетиленовыми связями «XXI асп интеллектуал авлод сари», конференция материаллари, Тошкент, 2013, 249-252 б.
5. Хакимов Н.К., Темиров Ж.О., Махсумов А.Г. Синтез новых аминопроизводных пропаргилметакрилата\ РИТА маколалар тўплами, Ташкент, 2011, 97-99 б.

УДК 622. 6(075)

© Шаходжаев Л.Ш. 2014 г.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ЛЕНТЫ ПО ЗАВОДСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ КОНВЕЙЕРОВ

Шаходжаев Л.Ш., доцент кафедры «Горная электромеханика» ТГТУ, канд. техн. наук

*Maqolada tortish kuchi qiymatiga va yuritgichning aniqlangan quvvatiga qarab konveyerlarni zavodda tayyorlangan tavsifidan tasma harakatiga qarshilik koeffitsiyentini amaliyotda foydalanish uchun qulay bo'lgan aniqlash metodikasi ishlab chiqarilgan.*

*Tayanch iboralar: tortish kuchi, quvvat, lentali konveyer, qarshilik koeffitsienti, metodika.*

*Developed research methodology of practical use of the coefficient of resistance to the movement of belt with specific engine output and value of tension force as per plant characteristics of the conveyor is described in this article.*

*Key words: research methodology, coefficient of resistance, engine output, tension force, characteristics, conveyor.*

В заводских характеристиках конвейеров приводится допустимая их длина в зависимости от угла наклона и производительности конвейера. Эти параметры в большой степени зависят от коэффициента сопротивления движению ленты, а последние, в свою очередь, от условий эксплуатации конвейера. В связи с этим весьма необходима разработка методики определения коэффициента сопротивления движению ленты по заводским характеристикам конвейеров (рис. 1, табл. 1, 2).

Известно, что в общем случае для наклонно установленного ленточного конвейера сила сопротивления движению грузовой ( $W_r$ ) и порожней ( $W_{II}$ ) ветвей определяется по формулам [1]:

$$W_r = [q_r + q_n + q'_p]w' \cos \beta \pm (q_r + q_n) \sin \beta] L \cdot g, \text{ Н}, \quad (1)$$

$$W_{II} = [q_n + q''_p]w' \cos \beta \mp q_n \sin \beta] L \cdot g, \text{ Н}. \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) верхние знаки принимаются при транспортировании груза вверх, нижние – при транспортировании груза вниз. При горизонтальной установке конвейера соответственно  $\cos 0^\circ = 1$  и  $\sin 0^\circ = 0$ .

Таким образом, для горизонтально установленного конвейера силы сопротивления движению грузовой и порожней ветвей получаются как частный случай из формул (1) и (2) соответственно:

$$W_r = (q_r + q_n + q'_p)w' L \cdot g, \text{ Н}, \quad (3)$$

$$W_{II} = (q_n + q''_p)w' L \cdot g, \text{ Н}, \quad (4)$$

где  $q_r$  и  $q_n$  - масса, соответственно, груза и ленты, приходящаяся на 1 м длины конвейера (погонная масса), kg/m;

$q'_p$  и  $q''_p$  - масса роликов, соответственно, на грузовой и порожней ветви, приходящаяся на 1 м длины конвейера (погонная масса), kg/m;

$w'$  - общий коэффициент сопротивления движению ленты по роликоопорам грузовой и порожняковой ветвей конвейера;

$g=9,81 \text{ m/s}^2$  – ускорение силы тяжести;

$\beta$  - угол наклона конвейера, град;

$L$  - длина конвейера, м.

Величины, входящие в формулы (1)-(4), определяются следующим образом [2]:

- погонная масса транспортируемого груза:

$$q_r = \frac{Q}{3,6v}, \text{ kg/m}; \quad (5)$$

- погонная масса ленты  $q_n$  - по технической характеристике конвейера;

- погонная масса роликов:

$$q'_p = \frac{G_p}{l'}, \text{ kg/m}; \quad (6)$$

$$q''_p = \frac{G''_p}{l''}, \text{ kg/m}, \quad (7)$$

Таблица 1

Масса вращающихся частей роликкоопор

Ширина ленты, мм	Диаметр ролика, мм	Масса, kg	
		на грузовой ветви	на порожняковой ветви
800	89	8,5	7,7
800	127	22	19
1000	127	25	21,5
1000	133	29	25
1000	159	50	40
1200	127	29	26
1200	159	57	46

где  $G'_p$  и  $G''_p$  - масса вращающихся частей роликкоопоры, соответственно, на грузовой и порожняковой ветвях, kg (принимают по фактическим характеристикам конвейеров или по табл. 1, составленной на основании выполненных конструкций);

$l'$  и  $l''$  - расстояние между линейными роликкоопорами, соответственно, на грузовой и порожняковой ветвях, м. При отсутствии этих величин в технической характеристике конвейера, значения  $l'$  и  $l''$  можно принимать по формуле:

$$l' = 1,2 \div 1,3 \text{ m}, \quad l'' = 2 l', \text{ m}.$$

В формулах (1)-(4) введем следующие обозначения:

$$q_r^c = q_r + q_n + q'_p, \text{ kg/m}; \quad (8)$$

$$q_n^c = q_n + q''_p, \text{ kg/m}, \quad (9)$$

где  $q_r^c$  и  $q_n^c$  - суммарная погонная нагрузка, соответственно, на грузовой и порожняковой ветвях конвейера.

Тогда формулы (1)-(4) примут соответственно следующий вид:

- при наклонной установке конвейера:

$$W_r = [q_r^c w' \cos \beta \pm (q_r + q_n) \sin \beta] \cdot g, \text{ Н}, \quad (1^1)$$

$$W_{II} = (q_n^c w' \cos \beta \mp q_n \sin \beta) L \cdot g, \text{ Н}; \quad (2^1)$$

- при горизонтальной установке конвейера:

$$W_r = q_r^c w' L \cdot g, \text{ Н}, \quad (3^1)$$

$$W_n = q_n^c w' L \cdot g, \text{ Н}. \quad (4^1)$$

Приближенная величина тягового усилия на приводе (без учета сил сопротивления на отклоняющих барабанах) определяется суммой сил сопротивления грузовой и порожняковой ветвей конвейера:

$$W_0 = W_r + W_n, \quad (10)$$

а с учетом сил сопротивления на отклоняющих барабанах:

$$W_0 = K(W_r + W_n), \quad (11)$$

где  $K=1,1$  - коэффициент, учитывающий силы сопротивления на отклоняющих барабанах.

Подставляя в формулу (11) значения  $W_r$  и  $W_n$  из выражений (1<sup>1</sup>) и (2<sup>1</sup>) и полагая, что груз транспортируется вверх под углом  $\beta$ , будем иметь:

$$W_0 = k [q_r^c + q_n^c] w' \cos \beta + q_r \sin \beta] L \cdot g. \quad (12)$$

Величина установленной мощности двигателя находится по формуле [3]:

$$N_{уем} = K_m \frac{W_0 \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт},$$

откуда:

$$W_0 = \frac{1000 \cdot N_{уем} \cdot \eta}{K_m \cdot v}, \quad (13)$$

где  $K_m = 1,15 \div 1,20$  – коэффициент запаса мощности.

Подставляя в выражение (12) значение  $W_0$  из формулы (13), после соответствующих преобразований получим:

$$w' = \frac{1000 N_{уем} \eta}{K \cdot K_m \cdot g \cdot L \cdot v} - q_r \cdot \text{Sin} \beta \quad (14)$$

$$(q_r^c + q_n^c) \cdot \text{Cos} \beta$$

Задавшись значениями  $K=1,1$ ,  $K_m=1,2$ ,  $\eta=0,8$  и  $g=9,81 \text{ m/s}^2$  формулу (14) можно несколько упростить и привести к виду, более удобному для практического пользования:

$$w' = \frac{61,8 N_{уем} - q_r \cdot \text{Sin} \beta}{(q_r^c + q_n^c) \text{Cos} \beta} \quad (14^1)$$

При горизонтальной установке конвейера формула (14<sup>1</sup>) примет вид:

$$w' = \frac{L \cdot v}{q_r^c + q_n^c} \quad (14^{11})$$

Таким образом, искомый коэффициент сопротивления движению ленты определяем по формулам (14<sup>1</sup>) или (14<sup>11</sup>) для конкретного типа конвейера и условий эксплуатации. При этом численные значения установленной мощности двигателя (двигателей), скорости движения ленты и погонной массы ленты берутся из фактической технической характеристики конвейера; (5), (6) и (7) - вычисляются; допустимая длина конвейера  $L_{k, доп}$  устанавливается по заводской характеристике в зависимости от угла наклона и производительности конвейера.

Техническая производительность конвейера устанавливается в соответствии с такими конструктивными параметрами, как мощность и тяговая способ-

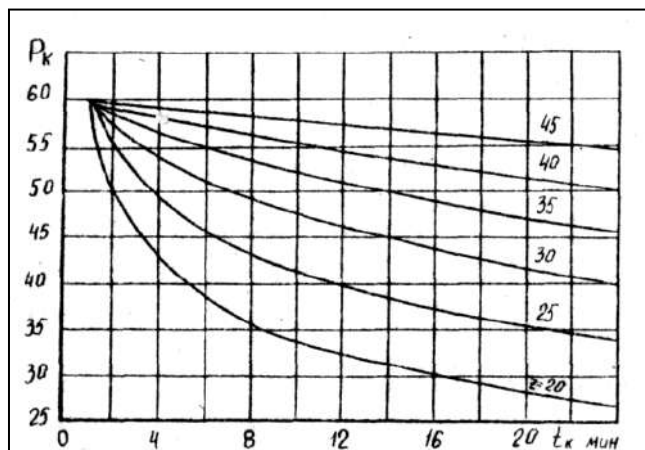


Рис. 1. График для определения нормативного коэффициента  $P_k$

ность привода и прочность ленты. Для каждого типа конвейера она является переменной величиной, зависящей от длины и угла наклона конвейера. Выбор конвейеров по технической производительности заключается в установлении допустимой (по мощности привода, прочности ленты и другим конструктивным параметрам) длины конвейера для конкретных горно-технических условий работы.

В связи с тем, что в заводских характеристиках конвейеров приводится допустимая их длина в зависимости от угла установки и величины равномерного часового грузопотока, а фактический грузопоток неравномерен, необходимо сначала установить расчетным путем величину условного равномерного грузопотока (эксплуатационную производительность), эквивалентную по нагрузке на конвейер фактическому максимальному грузопотоку. После этого по заводской характеристике можно определить допустимую длину конвейера  $L_{k, доп}$  для данных условий, а затем  $w'$ .

Потребная эксплуатационная производительность конвейера устанавливается для каждого конкретного случая по формуле:

$$Q_{к.э} = a_{1(maxc)} \cdot P_k, \text{ t/h}, \quad (15)$$

где  $a_{1(maxc)}$  - значение максимального минутного грузопотока;

$P_k$  - нормативный коэффициент.

Значения нормативного коэффициента  $P_k$  принимаются по графику (рис. 1). Для пользования этим графиком необходимо предварительно определить:

- значение максимального часового грузопотока по формуле:

$$a_{60(maxc)} = \frac{A_m}{T_m} \cdot K_n = a_{60(cp)} \cdot K_n, \quad (16)$$

где  $a_{60(cp)}$  - средний часовой грузопоток угля, поступающий на конвейер;

$K_n$  - часовой коэффициент неравномерности, характеризующий отношение максимально достигаемой величины часового грузопотока к его среднечасовому значению; нормативные значения  $K_n$  (установленные экспериментальным путем) приведены в табл. 2;

- отношение максимального часового грузопотока к максимальному минутному грузопотоку:

$$Z = \frac{a_{60(maxc)}}{a_{1(maxc)}}; \quad (17)$$

- продолжительность загрузки несущего полотна конвейера по формуле:

$$t_k = \frac{L_k}{60 \cdot v_k}, \text{ мин}, \quad (18)$$

где  $v_k$  - скорость движения несущего полотна конвейера, м/с;

$L_k$  - длина става конвейера, м.

По величине  $Z$  и  $t_k$  устанавливается значение  $P_k$  из рис. 1 и по формуле (15) определяется  $Q_{к.э}$ .

Каждый тип конвейера имеет свои индивидуальные характеристики, которые представляют собой семейство кривых и связывают три параметра конвейера – техническую производительность, длину и угол наклона става. Установление допустимой длины конвейера  $L_{к.доп}$  осуществляется для каждого типа конвейера по своим характеристикам. Для этого на графике с характеристиками для конкретного типа конвейера находится кривая с технической производительностью, равной эксплуатационной производительности  $Q_{к.э.}$ . По этой кривой в соответствии с величиной угла наклона конвейера  $\beta$  определяется максимально допустимая длина конвейера  $L_{к.доп}$ .

При отсутствии в заводских характеристиках кривой для соответствующей производительности допус-

Таблица 2

**Нормативные значения часового коэффициента неравномерности  $K_H$**

Средне- своей гру- зопоток, $a\beta\theta(ср)$ , $t/h$	Кoeffици- ент неравно- мерности, $K_H$	Средне- своей гру- зопоток, $a\beta\theta(ср)$ , $t/h$	Кoeffици- ент неравно- мерности, $K_H$
30 - 40	3,50 - 3,00	80 - 90	2,15 - 2,00
40 - 50	3,00 - 2,75	90 - 100	2,00 - 1,90
50 - 60	2,75 - 2,50	100 - 120	1,90 - 1,80
60 - 70	2,50 - 2,30	120 - 140	1,80 - 1,70
70 - 80	2,30 - 2,15	140 - 160	1,70 - 1,60

тимая длина находится интерполяцией по близким данным.

#### Список литературы:

1. Шаходжаев Л.Ш. Теория, расчет и проектирование транспортных машин. Учебное пособие. Ташкент: 2011г. -146 - с.136 -138.
2. Шаходжаев Л.Ш. Кончилик корхоналари конвейер транспорти. Ўқув қўлланма. Тошкент: 2007й. - 128 б.
3. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. М.: Недра 1978.

УДК 547. 484

© Каримов З.Т. 2014 г.

## СИНТЕЗ И ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ(II) И НИКЕЛЯ(II) С ОРГАНИЧЕСКИМИ ЛИГАНДАМИ

Каримов З.Т., ст. преподаватель Зарафшанского ОТФ НГГИ, канд. хим. наук

*Ushbu maqolada benzoilgidrazonning atsetoatsetanilin bilan hosil qilgan kondensatsiya hosilasi asosida olingan mis (II) va nikkell (II) metallarning kompleks birikmasini sintez qilish hamda ular tuzilishini spektroskopik usullar bilan tadqiq etish ko'rsatilgan.*

*Tayanch iboralar: benzoilgidrozon, atsetolin, kondensatsiya, mis, nikkell, kompleks birikma, spektroskopik usul.*

*Based on the outlined research results this article presents that molecular complexes of Ni (II) and Cu (II) with acetoacetanilide benzoyl hydrazone have octahedral structure.*

*Key words: research, molecular complex, nickel, copper, benzoyl hydrazone, acetoacetanilide, octahedral structure.*

Интенсивное исследование координационных соединений редкоземельных металлов с органическими лигандами обусловлено большим практическим и теоретическим значением. Процессы комплексообразования широко используются в аналитической химии, а также в качестве биоактивных комплексов модельных соединений, катализаторов и экстрагентов для разделения переходных металлов.

Исходный лиганд – продукт конденсации ацетоацетанилида с бензоилгидразоном получен нами конденсацией реагентов в спиртовой среде при молярном соотношении 1:1. Для синтеза лиганда получено 3,54 г (0,02 mol) ацетоацетанилида в 50 ml метанола.

Наиболее близкими по структурным аналогам этого лиганда являются ацилгидразоны метилового эфира ацетоуксусной кислоты и ацилгидразоны аце-

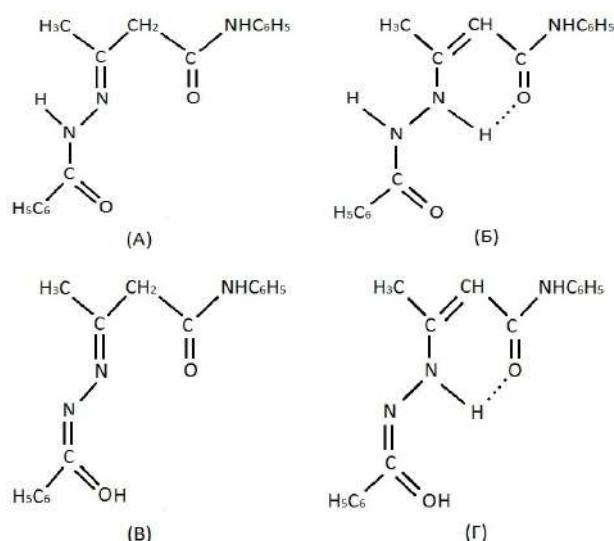


Рис. 1. Таутомерные формы лиганда

тоуксусного эфира, строение которых изучено весьма подробно в работе. Интересной особенностью этих соединений является их способность существовать в растворах в виде таутомерной смеси различных форм (рис. 1). Кроме того, при комплексообразовании с ионами 3d- металлов арилгидразоны ацетоуксусного эфира могут выступать также в депротонированной α-оксиазинной таутомерной форме, а ацилгидразоны β-дикетоны – в дважды депротонированной α-оксиазин-ангидразинной форме [1].

Таким образом, с учетом данных для лиганда  $H_2L$  можно было ожидать потенциальной реализации четырех таутомерных форм [2].

Судя по данным ИК спектроскопии в твердом состоянии (рис. 2, а), лиганд существует в гидразонной таутомерной форме. ИК спектры записаны на приборе UR-20 в области  $400-4000\text{ см}^{-1}$  в прессованных таблетках КВг. Полосы поглощения при  $3290, 3250, 3210$  и  $3145\text{ см}^{-1}$  относятся к  $\nu(N-H)$  двух  $N-H$  связей (при анилидной и гидразонной группах). Две

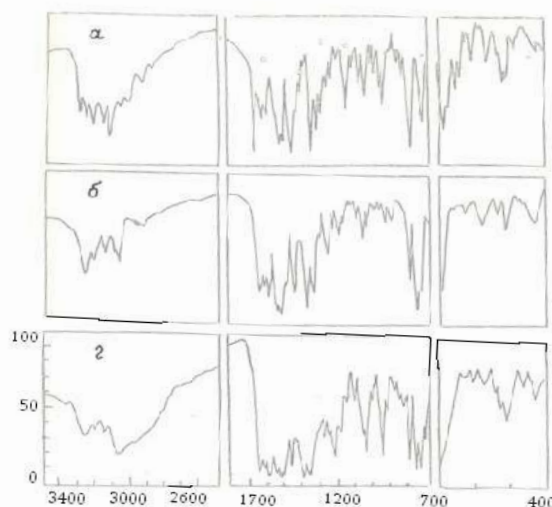


Рис. 2. Ик спектры  $H_2L$  (а),  $Ni(H_2L)_2$  (б),  $Ni(HL)_2$

интенсивные полосы поглощения при  $1660$  и  $1664\text{ см}^{-1}$  могут быть отнесены к  $\nu(C=O)$  двух  $(C=O)$  связей. Полоса поглощения при  $1620\text{ см}^{-1}$  относится, вероятно, к валентному колебанию азометиновой связи  $C=N$ .

В зависимости от условий синтеза бензоилгидразон ацетоацетанилида  $H_2L$  образует два типа комплексов: молекулярные комплексы состава  $Me(H_2L)_2Cl_2$  получают при взаимодействии хлоридов соответствующих металлов (никеля (II) и меди (II)) с  $H_2L$  при молярном соотношении 1:2 в спиртовой среде, а внутрикомплексные соединения состава  $Me(H_2L)_2$  (никеля (II) и меди (II))  $HL$  - монодепротонированный лиганд  $H_2L$  получают либо при взаимодействии ацетатов с лигандом в спиртовой среде, либо подщелачиванием с помощью аммиака соответствующих молекулярных комплексов. Отметим, что даже при большом избытке аммиака и различных соотношениях соли металла лиганд не удается получить с дважды депротонированной формой [3].

В ИК спектрах молекулярных комплексов (рис. 2. б, г, табл. 1) полосы поглощения  $\nu(C=O)$  и  $\nu(C=N)$  смещаются в низкочастотную область на  $20-25$  и  $13-16\text{ см}^{-1}$  соответственно по сравнению с исходным лигандом. При этом в отличие от исходного лиганда от обеих  $C=O$  групп проявляется одна полоса. Таким образом, данные ИК спектроскопии позволяют сделать вывод о тридентатном способе координации лиганда к ионам металлов (через два карбонильных атома кислорода и один азометиновый атом азота).

Величина молярной электропроводности водных растворов молекулярных комплексов составляет  $258-272\text{ см}^2\text{ }\Omega^{-1}\text{ моль}^{-1}$ . Это указывает на их трехэлек-

Таблица 1  
Характеристические частоты в ИК спектрах бензоилгидразона ацетоацетанилида и комплексов металлов на его основе

Соединение	$H_2L$	$Ni(H_2L)_2Cl_2$	$Si(H_2L)_2Cl_2$	$Si(HL)_2$	$Ni(HL)_2$
Анилидной гр. $\nu(N-H)$ и гидразонной гр. $\nu(N-H)$	3290, 3250, 3210, 3145	3250, 3200, 3140	3255, 3195, 3135	3240, 3200, 3100	3250, 3290, 3145
Гидразонной гр. $\nu(N-H)$	1660	1641	1643	-	-
Анилидной гр. $\nu(C=O)$	1664	1641	1643	1635	1660
$\nu(C=N)$	1620	1607	1605	1605	1610
$\nu(N=C-O)$	-	-	-	1530, 1375	1528, 1377

тролитный характер и свидетельствует о том, что два аниона хлора находятся на внешней координационной сфере комплексов. В спектрах поглощения  $Ni(H_2L)_2Cl_2$  в растворе этанола кроме полос интерлигандного перехода при 43400 и 38000  $cm^{-1}$  наблюдаются полосы переноса заряда около 33800  $cm^{-1}$  и 33000  $cm^{-1}$  соответственно. В видимой области спектра поглощения раствора  $Ni(H_2L)_2Cl_2$  в этаноле имеются полосы в области 9000  $cm^{-1}$ , 15000  $cm^{-1}$  и перегиб при 25000  $cm^{-1}$ , которые характерны для октаэдрического окружения никеля(II). Вероятно, октаэдрическое строение имеет и  $Cu(H_2L)_2Cl_2$ , поскольку ИК спектры аналогичны по составам комплексам никеля(II). Следовательно, в молекулярных комплексах зафиксирована гидразонная таутомерная форма (А) лиганда (рис. 1).

Иной результат следует из анализа данных по внутрикомплексным соединениям (ВКС) никеля(II) и меди (II) с бензоилгидразоном ацетоацетанилида состава  $Me(HL)_2$ . Комплексы являются не электролитами.

В их ИК спектрах проявляются интенсивные полосы поглощения около 1530 и 1380  $cm^{-1}$ , характерные для колебаний  $\alpha$ -оксазидной группировки ( $-N=C-O-$ ) [4]. Из этого можно заключить, что лиганд в комплексах существует в депротонированной ангидразидной таутомерной форме (рис. 1) [1]. Полосы  $\nu(N=H)$  анилидного остатка проявляются в области 3140-3250  $cm^{-1}$  (табл. 1). Полоса  $\nu(C=O)$  в ИК спектре  $Ni(HL)_2$  наблюдается при 1660  $cm^{-1}$ , а в ИК спектре

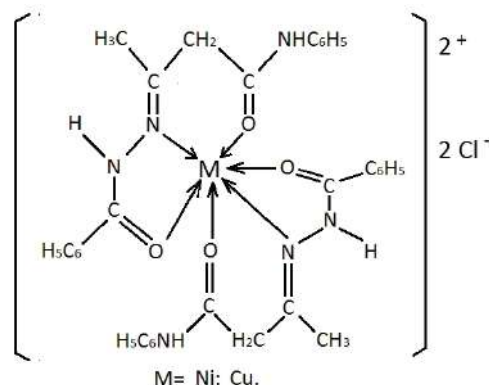


Рис. 3. Октаэдрическое строение комплекса

$Cu(HL)_2$  при 1635  $cm^{-1}$ . По-видимому, это указывает на координацию  $C=O$  группы к иону меди (II) и отсутствие её координации к иону никеля(II).

Низкочастотное смещение  $\nu(C=O)$  анилидного фрагмента лиганда в ИК спектре на 25  $cm^{-1}$  по сравнению с лигандом позволяет сделать вывод о её координации к иону металла, в результате октаэдрическое строение комплекса реализуется за счет тридентатной O, N, O- координации двух тридентатных остатков лиганда (рис. 3).

Таким образом, совокупность изложенных выше результатов позволяет сделать вывод, что молекулярные комплексы никеля(II) и меди (II) с бензоилгидразоном ацетоацетанилида имеют октаэдрическое строение.

#### Список литературы:

1. Парпиев Н.А., Юсупов В.Г., Якимович С.И., Шарипов Х.Т. Ацилгидразоны и их комплексы с переходными металлами. - Ташкент. - Фан. -1988. -164с.
2. Парпиев Н.А., Юсупов В.Г., Каримов З.Т. Координационные соединения никеля (II), кобальта (II) и меди (II) с бензоилгидразоном ацетоацетанилида. // Доклады АН Уз ССР. -1987. - № 3. -с.45-47
3. Каримов З.Т., Мардонов У.М. Координационное соединение палладия с органическими лигандами. // Горный вестник Узбекистана. -№3. -2012 г. -с.90-92.
4. Троепольская Т.В., Мунин Е.Н. Гидразоны в координационной химии. - В кн.: Химия гидразонов. -М.: Наука. -1977. с.72-104

УДК 621.91.01.

© Мардонов Б.Т., Исаев Д.Т., Мухтаров Ж.Б., Ражабов Ш.А. 2014 г.

## ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИКИ И ДИНАМИКИ РОТАЦИОННОГО РЕЗАНИЯ

Мардонов Б.Т., проректор НГГИ, канд. техн. наук; Исаев Д.Т., ассистент кафедры «Технология машиностроения, оборудования и машиностроительных производств» НГГИ; Мухтаров Ж.Б., магистрант НГГИ; Ражабов Ш.А., магистрант НГГИ

*Ushbu maqolada tavsiya etilgan yo'nalish harakati va uning elementlariga mos keluvchi kesish vaqtida vujudga keladigan kuch ta'sirida o'zi aylanuvchi rotatsion asboblar bardoshligini ta'minlashning tadqiqot natijalari keltirilgan.*

*Tayanch iboralar: turg'unlik, sifat, yeyilish, kesuvchi asbob geometriyasi, kesuvchi asbobni o'rnatilish burchakl-*

ari, kesuvchi qirra, charxlash, mustahkamlik, qattqlik, zichlanish, zichlanish chuqurligi.

*Findings of recommended travel direction by the element corresponding to it which provides stable autorotation of rotary tools due to forces resulting from cutting are presented in this article.*

*Key words: stability, quality, wear, tool geometry, tool setting angle, cutting edge, sharpening, resistance, hardness, cold working, depth of cold working.*

В горно-металлургической промышленности применяется ряд сложнoleгированных материалов, где содержание хрома, никеля, молибдена очень высокое. Это обстоятельство приводит к тому, что твердость этих сплавов доходит до HRC 57. Высокая твердость и плохая теплопроводность является причиной их трудной обрабатываемости резанием.

Достижение поставленной цели требует проведения как теоретических, так и экспериментальных исследований. Теоретическими исследованиями необходимо установить, какая из схем резания, применяемых при ротационной обработке, является наиболее рациональной для случая торцевого точения высоко-твёрдых материалов с учётом особенностей деталей, заключающихся в прерывистости поверхности резания, а также в больших допусках на биения заготовки вдоль оси шпинделя станка. Последнее превышает практический допуск, разрешаемый чертежом заготовки.

На напряжённое состояние в зоне резания и тепловую нагруженность оказывают влияние большое число факторов. В первую очередь, следует отметить длину контакта, скорость самовращения, значения кинематических углов резания и величину интенсивности износа во времени. Значения указанных параметров напрямую связаны с геометрическими параметрами инструмента и выбранной схемой резания.

Увеличение срока службы деталей и узлов машин находится в прямой зависимости от качества поверхностного слоя этих изделий. Так, увеличение поверхностной прочности на 30% при глубине наклепанного слоя до 0,5 мм согласно данным увеличивает в среднем срок службы до 2-х раз.

При обработке материалов с особыми свойствами стойкость режущего инструмента, работающего по традиционным способам резания, оказывается очень низкой. К примеру, при обработке нержавеющей жаростойких сталей или титана и его сплава стойкость

инструмента при среднеинтенсивных режимах не превышает 30 мин.

В то же время, требование обеспечения высокого качества обработанной поверхности диктует необходимость изучения новых способов обработки, позволяющих значительно повысить стойкость наиболее доступных инструментальных материалов и представляет практической интерес.

Эффективность лезвийной обработки можно повысить применением новых инструментальных материалов или различных способов их упрочнения, оптимизацией составов, геометрии инструмента и т.п. Известны также различные комбинированные методы обработки, позволяющие интенсифицировать процесс, но они, как правило, требуют весьма значительных затрат, а конструкции таких установок более сложны.

Авторами разработан новый способ формирования качества обработанной поверхности (рис. 1, табл. 1, 2). Реализация этого способа предполагает использование наиболее дешевого инструментального материала, которым может быть даже простая легированная сталь, прошедшая соответствующую термообработку, на среднеинтенсивных режимах резания. Схема работы представлена на рис. 1.

Анализ результатов исследований сил резания при ротационном точении по литературным источникам показал имеющиеся большие расхождения в направлении и величинах составляющих этих сил  $P_x$ ,  $P_y$  и  $P_z$  [1, 2]. При увеличении угла установки с  $15^\circ$  до  $45^\circ$  для положения выше линии центров сила  $P_z$  увеличивается в 2 раза, сила  $P_y$  практически не изменяется, а сила  $P_x$  уменьшается до трёх раз. Для положения ниже линии центров при увеличении угла  $\beta_y$  с  $10^\circ$  до  $50^\circ$  характер изменения  $P_z$  остается прежним,  $P_y$  в этом случае изменяется в 4 раза, а  $P_x$  - в 10 раз, который аналогичен влиянию угла установки. Увеличение подачи в обоих случаях приводит к увеличению силы резания. Следует отметить наблюдаемую особенность зависимости.

Проведенные исследования показали, что при изменении ориентации активной части режущей кромки относительно детали угол установки  $\beta_y$ , соответствующий меньшим значениям силы резания для двух указанных положений, отличается весьма значительно.

Принципиальные различия кинематики процессов ротационного и обычного резания определяют различие протекания износа инструмента. Причём разница заключается не только в интенсивности износа во времени, но и по форме образующихся площадок и

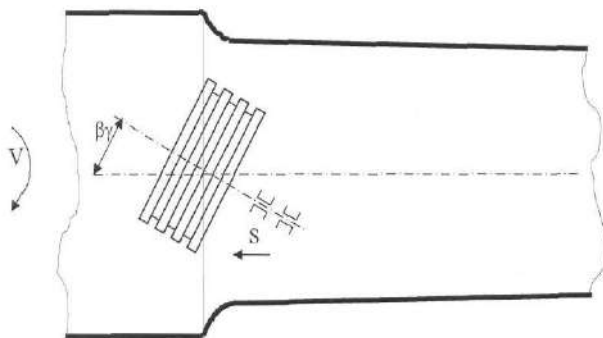


Рис. 1. Схема резания

их расположению. Так, при традиционном резании более интенсивный износ наблюдается по задней поверхности. Поэтому критерий износа до следующей переточки, как правило, назначается по величине фаски износа на задней поверхности. При ротационном резании это обстоятельство тоже наблюдается, но не всегда может служить критерием затупления инструмента. Задача определения последнего представляет как научный, так и практический интерес. Для решения сформулированной задачи и определения особенностей изнашивания ротационного инструмента были проведены экспериментальные исследования.

Анализ результатов выявил, что характер износа инструмента в сравнении с обычным резанием полностью подтвердил изложенные в начале предположения. При резании инструмента из быстрорежущей стали длительность начального (приработанного) периода составляет 2-3 мин, в зависимости от режимов резания. При этом на задней поверхности образуется кольцевая фаска износа, ширина которой для первого лезвия  $b_3=0,3$  мм, второго  $b_3=0,2$  мм, на третьем и четвертом лезвиях износ по задней поверхности практически не наблюдается. Дальнейшая эксплуатация в периоде установившегося износа к росту  $h_3$  практически не приводит. Начинается увеличение радиуса округления режущей кромки. После достижения глубины больше 0,2 мм сила резания возрастает. Длительность этого периода от 120-600 мин. для быстрорежущей стали и 15-60 мин. для легированной стали 17ХН4МА. На передней поверхности лунки износа нет. Риски абразивного износа на этой поверхности появляются только при увеличении угла установки более 40°. В диапазоне 10°-40° на передней поверхности образуется кольцевая полоса более светлых оттенков, что указывает на зачистку от плёнок и загрязнения. Длительность работы инструмента до этого состояния в зависимости от режимов резания и угла установки больше в сравнении с обычным резанием в 10 и более раз.

Так, в условиях сохранения этих факторов неизменными ориентация режущей кромки относительно линии центров станка весьма заметно влияет на силы резания. Вследствие этого, при изменении расположения режущей кромки выше или ниже линии центров могут изменяться не только влияние параметров режима резания на силы, но и вид резания - попутное или встречное.

Для уточнения этого были проведены эксперименты в условиях точения стали 45 по прямой, первой схеме резания. При этом варьировались скорость резания  $V=3...120$  м/мин.,  $S_0=0,07...1$  мм/об; угол установки  $b_y=5...50^\circ$ . Неизменные параметры: глубина резания  $t=1$  мм; углы заточки резца в статическом положении  $g=0^\circ$ ,  $a=3^\circ$ ,  $b=87^\circ$ ; радиус резца 30 мм. Составляющие силы резания  $P_x$ ;  $P_y$ ;  $P_z$  измерялись динамометром УДМ-600. Эксперименты проводились на станке 1К62. Материал инструмента Р6М5, 17ХН4МА.

Таблица 1

Влияние подачи и угла установки на составляющие силы резания при установке ниже линии центров при  $V=3$  м/мин

$\beta_y$	$S_0$	$P_z$ , кгс	$P_y$ , кгс	$P_x$ , кгс
20	0,08	25	103	50
20	0,1	30	110	140
20	0,2	35	110	170
20	0,25	50	95	190
20	0,3	70	115	204
20	0,4	80	115	209
20	0,5	83	108	209
20	0,6	90	117	210
20	0,7	95	120	230
20	0,85	105	120	250
10	0,2	25	270	230
15	0,2	30	226	200
20	0,2	35	108	172
25	0,2	55	128	160
30	0,2	75	100	162
35	0,2	105	104	140
40	0,2	135	94	130
45	0,2	125	72	60
50	0,2	130	72	18

В табл. 1 и 2 приводятся результаты, полученные для двух положений активной части режущих кромок ротационного резца относительно линии центров при резании стали 45 инструментом из Р6М5. Анализ полученных результатов показал, что с изменением ориентации активной части режущей кромки относительно линии центров изменяются не только величины составляющих силы резания, но и характер зависимостей (табл. 1).

При режимах  $V=120$  м/мин:  $S=0,2$  мм/об можно резать более 50 h быстрорежущим резцом и более 2 h инструментом из 17ХН4МА.

Таблица 2

Влияние подачи, угла установки  $b_y$  на силу резания при установке выше линии центров

$P_x$ , кгс	$P_y$ , кгс	$S$ мм/об	$V$ м/мин	$P_x$ , кгс	$P_y$ , кгс
15	35	0,2	3	150	190
20	35	0,2	3	110	170
25	44	0,2	3	115	130
30	50	0,2	3	108	110
35	58	0,2	3	140	84
40	64	0,2	3	120	70
45	72	0,2	3	122	72
20	28	0,2	3	116	94
20	24	0,1	3	130	46
20	22	0,1	3	126	38
20	18	0,1	3	106	28
20	20	0,1	3	96	12
25	30	0,2	3	100	65
25	44	0,2	3	116	125
25	46	0,2	3	121	130
25	58	0,2	3	126	220
25	69	0,2	3	180	300

Приведённые выше экспериментальные результаты получены с помощью динамометра УДМ, который снабжён специальным приспособлением, позволяющим устанавливать центр вращающегося резца в требуемое положение относительно линии центров токарного станка и изменять угол поворота режущей кромки

$\beta$ , в диапазоне от  $20^{\circ}$  до  $50^{\circ}$  (рис. 1).

Температура в зоне резания фиксировалась методом естественной термопары, позволяющей замерять среднее значение в контакте практически мгновенно.

Скорость резания измерялась скоростемером СК-1. Износ резца определялся с помощью лупы от твер-

домера Бринелля с увеличения  $24^{\times}$ . Цена деления шкалы составляет 0,05 mm. Величина износа определялась по задней поверхности по ширине кольцевой площадки, образующейся на ней. Величина определялась усреднением 5-6 замеров в различных местах режущей кольцевой кромки. Эксперименты по обработке детали «Бронедиск»  $\varnothing 400$  mm из сплава «СС» проводились в лабораторных условиях на станке НТ250И. Производственные испытания по обработке детали «Рабочее колесо»  $\varnothing 600$  mm из сплава «СС» выполнялись в заводских условиях на станке 1М63.

#### Список литературы:

1. Кушназаров И.К., Якубов Ф.Я., Ким В.А., Тураев Т. Изменения свойств деформированного слоя заготовки в процессе механической обработки. Сборник труда ТашПИ, Ташкент, 1989.
2. Якубов Ф.Я. Энергетическое соотношение процесса механической обработки металлов. Ташкент; Фан. 1985, 104 с.

УДК 622.775.016

© Аликулов Ш.Ш., Каримов И.А., Худайбердиев О.М., Атавуллаев А.К. 2014 г.

## РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ

**Аликулов Ш.Ш.**, ст. преподаватель кафедры «Техника и технология добычи и переработки руд редких и радиоактивных металлов» НГГИ, канд. техн. наук; **Каримов И.А.**, зав. кафедрой «Техника и технология добычи и переработки руд редких и радиоактивных металлов» НГГИ; **Худайбердиев О.М.**, ассистент кафедры «Техника и технология добычи и переработки руд редких и радиоактивных металлов» НГГИ; **Атавуллаев А.К.**, студент НГГИ

*Uranning fil'tratsiyali ishqorlash bo'yicha laboratoriya sinovini o'tkazish uchun qurilma sxemasi ishlab chiqilgan bo'lib, u eritmalar uchun idish, rezinali shlang, qisqichlar, rudali fil'tratsion kolonka, fil'tratni yig'uvchi o'lchov idishlari va shtativdan tashkil topgan.*

*Tayanch iboralar: uskuna sxemasi, laboratoriya sinovi, uranni ishqorlash fil'tratsiyasi, kolonna, idish, shtativ.*

*The plant layout for conducting laboratory tests on filtration leaching of the uranium is developed. It consists of the flask with dissolver, rubber hose, clamp, filtration ore column, measuring vessel for collection of filtrate, and stand rod.*

*Key words: plant layout, laboratory tests, filtration leaching of the uranium, column, vessel, stand rod.*

В современном мировом горном производстве уже давно сложилась противоречивая ситуация, когда выпуск металлов увеличивается, а их минерально-сырьевая база постоянно сокращается, ухудшается качество руды. В такой ситуации широкое использование геотехнологических способов добычи и переработки полезных ископаемых становится одним из действительных факторов изменения сложившегося положения [1-2].

В использовании геотехнологических способов добычи и переработки полезных ископаемых важную роль играет процесс коагуляции, который связан со значением коэффициента фильтрации. Кафедрой «Техника и технология добычи и переработки редких и радиоактивных металлов» НГГИ разработана и реализована лабораторная установка по определению коэффициента фильтрации, которую можно использовать для проведения экспериментальных и научно-исследовательских работ, в т. ч. в технических ВУЗах.

Актуальность работы заключается в определении коэффициента фильтрации, а также концентрации окислителя в урановых месторождениях и металла в продуктивных растворах (рис. 1, 2, табл. 1).

На эффективность отработки гидрогенных месторождений урана способом подземного выщелачивания в значительной степени оказывает влияние фильтрационная неоднородность продуктивного горизонта. От таких факторов, определяющих фильтрационные свойства пород, как гранулометрический состав, общая и эффективная пористость, слоистость, зависят основные технологические показатели руд и, в первую очередь, динамика извлечения полезного компонента и расход реагента на 1 т горнорудной массы. Целью этих исследований являлось определение минимального коэффициента фильтрации, при котором происходит извлечение урана на уровне, сопоставимом с уровнем извлечения из руд с усредненными фильтрационными свойствами по месторождению.

Эта задача решалась путем определения объема продуктивных растворов, приходящих на объем горнорудной массы, необходимой для 80%-го извлечения урана из руд с  $K_{\phi} \sim 2,5$  m/d, переводе этой величины во время ( $\tau$ ) и расчете извлечения урана за данное время из руд с меньшим  $K_{\phi}$ .

В результате исследований установлено, что извлечение урана из руд в зависимости от Ж:Т описывается функцией вида:

$$\varepsilon = 1 - e^{-k(t-t_3)}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  - извлечение в долях единицы;

$t$  - величина Ж:Т;

$t_3$  - Ж:Т закисления;

$k$  - показатель скорости выщелачивания.

Тогда расчетная величина Ж:Т для 80%-го извлечения будет:

$$t_{(80\%)} = t_3 + \frac{\ln 0,2}{k}. \quad (2)$$

Можно определить коэффициент фильтрации каждой литологической разновидности руд, для которой на момент 80%-го извлечения из хорошо фильтруемых разностей извлечение составит менее некоторой принятой величины:

$$K_{\phi \min} = \frac{\left(\frac{\ln(1-\varepsilon_n)}{k_n}\right) \cdot K_{\phi 1}}{\frac{\ln 0,2}{k_1} - t_{31}}, \quad (3)$$

где  $K_{\phi 1}$  - средний коэффициент фильтрации;

$K_{\phi \min}$  - минимальный коэффициент фильтрации;

$k_1$  - показатель скорости выщелачивания из хорошо фильтруемых руд;

$k_n$  - показатель скорости выщелачивания из руд с низким коэффициентом фильтрации;

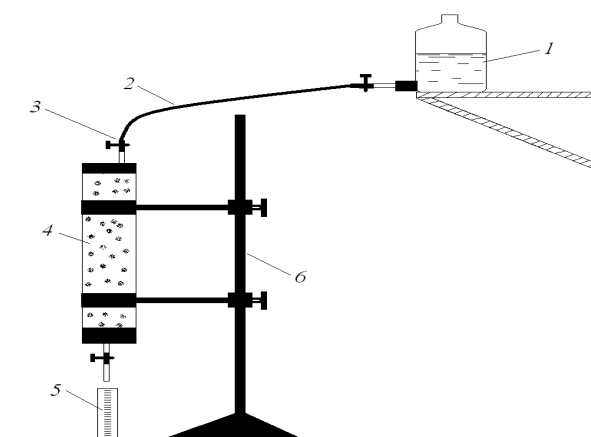


Рис. 1. Схема простейшей установки для проведения лабораторных испытаний по фильтрационному выщелачиванию: 1 – сосуд с растворителем; 2 - резиновый шланг; 3 – зажимы; 4 – фильтрационная колонка с рудой; 5 – мерный сосуд для сбора фильтра; 6 - штатив

$t_{3n}$  - Ж:Т закисления плохо фильтруемых руд;

$t_{31}$  - Ж:Т закисления хорошо фильтруемых руд;

$t_{31}$  - минимально допустимая величина извлечения.

По данным натурных опытных работ и результатам математического моделирования 80%-е извлечение достигается при Ж:Т=4,5 и колеблется около этой величины в зависимости от продуктивности.

Таким образом, средний показатель скорости выщелачивания составляет 0,357. Это означает, что из руд с коэффициентами фильтрации ниже 1 m/d на момент времени, соответствующий 80%-му извлечению из руд с  $K_{\phi} \sim 2,5$  m/d, будет извлечено менее 20% урана.

Для проведения простейших лабораторных испытаний по фильтрационному выщелачиванию рудных образцов необходимо иметь (рис. 1):

- набор фильтрационных колонок, выполненных из стеклянных трубок длиной от 200 до 800 mm, диаметром 25-35 mm;
- резиновые пробки того же диаметра со стеклянными отводами;
- резиновые трубки диаметром 6-10 mm;
- стеклоткань инертную к воздействию кислот;
- винтовые зажимы для резиновых трубок;
- капиллярные трубки (или простые с оттянутым носиком);

Таблица 1

Результаты опытов

$K_{\phi}$	$K_{np}$	$\mu_{ж}$	$\rho_{ж}$
8	8	1	1
5	10	0,8	1,6
4,5	6	1,1	1,3

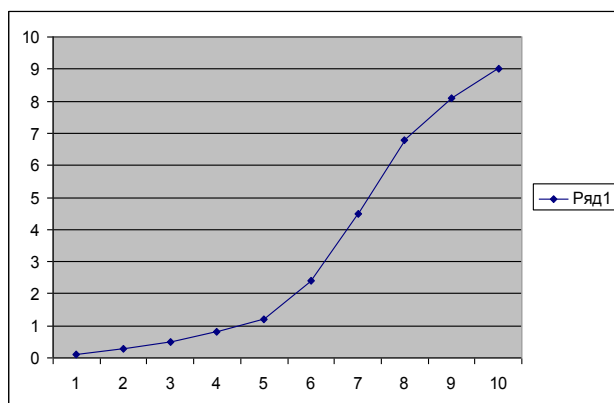


Рис. 2. График зависимости коэффициента фильтрации в зависимости от фракции горных пород, (%)

- металлические лабораторные штативы;
- питающие сосуды с боковым отводом у дна для рабочего раствора и для воды;
- рН – метр с пределами измерений рН от 1 до 14 и точностью – 0,05 10) мерные цилиндры или мензурки для сбора фильтрата емкостью от 10 ml до 1 л.

Для отбора проб из эксплуатационных скважин руда измельчается чаще всего до 0,05-1 мм, засыпается в трубку, уплотняется встряхиванием и постукиванием, плотно закрывается с двух сторон резиновыми пробками с куском стеклоткани такого же размера. Колонка взвешивается до и после заполнения рудой для установления массы образца и количества в нем металла. Затем колонка закрепляется на штативе. Собранную и установленную колонку с рудой заполняют сверху дистиллированной водой, сосуд с которой находится несколько выше колонки. Физические свойства горных пород в части пропуска жидкости и газов характеризуются коэффициентом проницаемости (Дарси)  $K_{np}$  и коэффициентом фильтрации  $K_{\phi}$  (m/d, cm/s):

$$K_{\phi} = K_{np} \cdot \rho_{ж} / \mu ,$$

где  $\rho_{ж}$  - плотность жидкости - вязкость жидкости (пуаз).

Фильтрационное выщелачивание проницаемых руд производится в фильтрационных колонках. Исходное содержание жидкости предварительно определяется соответствующим методом.

Последовательность опытов при фильтрационном выщелачивании руд следующая:

Вначале проводится предварительный опыт в трубке длиной 200 мм с максимальной концентрацией растворителя (для серной кислоты 30-50 g/l) и средней скоростью фильтрации примерно 1 m/d.

Этот опыт позволяет оценить продолжительность, скорость процесса выщелачивания, быстроту изменения концентраций металла в выходных растворах и, следовательно, при дальнейших опытах с длинными трубками правильно подобрать скорость фильтрации и объемы отбираемого фильтрата. После предварительного расчета проводятся 3 опыта в трубках одной длины 200 ml</>800 мм с тремя различными концентрациями растворителя при выбранной по результатам предварительного опыта одной и той же скорости фильтрации.

Полученные результаты позволяют установить степень извлечения полезного компонента, максимальные его концентрации в выходных растворах, продолжительность, отношения Ж:Т по каждому выщелачиванию и на основе этих данных выбрать оптимальную концентрацию растворителя для дальнейших опытов.

По результатам проведенных исследований необходимо отметить, что при определении коэффициентов фильтрации в ламинарном и турбулентном режимах учитывались физические свойства выщелачивающих растворов. При статической обработке результатов экспериментальных работ получены математические зависимости, позволяющие прогнозировать повышение коэффициента фильтрации в зависимости от фракции горной породы (рис. 2).

При лабораторном изучении глинистых непроницаемых руд, когда не удается создать фильтрационный расход больше 0,1 m/d (проницаемость 0,05-0,1 m/d), опыты проводились по фильтрационно-диффузионной схеме выщелачивания. Для этого реализовывалась фильтрация растворителя по контакту с рудными глинистыми материалами. Опыт по фильтрационно-диффузионному выщелачиванию проводится так же, как при фильтрационном выщелачивании проницаемых руд. Таким же образом производится и обработка результатов опыта.

Лабораторные исследования, имеющие целью углубленное изучение руд, технологических растворов и других специальных вопросов, могут быть полезными на всех изученных месторождениях Кызылкумского региона.

#### Список литературы:

1. Грабовников В.А., Геотехнологические исследования при разведке металлов. М. Недра 1985.
2. Орадоевская А.Е. Фильтрационное выщелачивание дисперсно-распределенного гипса из песчано-глинистых пород-В кн: Растворение и выщелачивание горных пород. М., Недра, 1977

## К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ НОЖЕЙ РОТОРА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ С ЭКВИДИСТАНТНОЙ ТРАЕКТОРИЕЙ ДВИЖЕНИЯ

Ахметов А.А., ст. научный сотрудник специального конструкторского бюро «Трактор», канд. тех. наук

*Rotor tuproq haydovchi mashinaning asosiy ishchi qismi bo'lib, unga har xil shakldagi pichoqlar o'rnatilgan va ularning harakat traektoriyasi ekvidistant bo'lib umumma'lum pichoqlar harakati traektoriyasidan ularni o'rnatish darajasi bilan farqlanadi.*

*Tayanch iboralar: ishchi organ, ratatsiyali tuproq haydovchi mashina, rotor, pichoq, harakat traektoriyasi, aralashma pichoqlar.*

*The main working tool of rotary tilling machine is a rotor which is equipped with blades of various forms. Unlike common blades, the blades with equidistant motion trajectory make right choice of motion trajectory of adjoined blades body and this function takes on great significance.*

*Key words: working tool, rotary tilling machine, rotor, blade, motion trajectory, adjoined blades.*

Основным рабочим органом ротационной почвообрабатывающей машины является ротор, который снабжается различными формами ножей. В отличие от общеизвестных, у ножей с эквидистантной траекторией движения особое значение приобретает правильный выбор траектории движения рабочей части смежных ножей, так как от них зависят в основном качественные показатели работы ротора.

Каждый нож во время работы описывает индивидуальную траекторию движения, смещенную относительно друг друга на равное расстояние и обрабатывает определенный участок параллельно участку, обработанного предыдущим ножом.

Таким образом, данный ротор производит обработку почвы с эквидистантным перемещением вершины зоны деформации каждого последующего цикла от предыдущего по направлению ширины захвата машины. Траектория движения смежных эквидистантных ножей смещена относительно друг друга по направлению движения на величину, равную подаче на нож, а по направлению оси вращения ротора (рис. 1) - на равное расстояние ( $l_{сн}$ ), определяемое из выражения:

$$l_{сн} = L_{сд} / 2Z_n, \quad (1)$$

где  $L_{сд}$  - расстояние между смежными дисками, м;

$Z_n$  - число ножей, закрепленных на одной плоскости вращения диска ротора.

Смещение щеки смежных ножей по оси вращения ротора на равноудаленное расстояние достигается индивидуальным подбором угла отгиба рабочей части каждого ножа относительно плоскости вращения диска. Длина отогнутой рабочей части каждого эквидистантного ножа должна быть выполнена так, чтобы радиус ( $r$ ) окружности описываемой концевыми точками ножей, т.е. щекой, был постоянен для всех ножей, закрепленных на роторе. При таком условии угол отгиба ( $\alpha_i$ ) рабочей части  $i$ -го ножа определяется

по следующей формуле:

$$\alpha_i = \arctg [l_i / (r - r_d)], \quad (2)$$

где  $l_i$  - расстояние между щекой  $i$ -го ножа и плоскостью вращения диска, м;

$r$  - радиус ротора, м;

$r_d$  - радиус диска ротора, м.

Равномерное смещение ( $l_i$ ) щек эквидистантных ножей друг относительно друга достигается при условии, когда:

$$l_i = L_{сд} (2i - 1) / 4Z_n - t_d / 2, \quad (3)$$

где  $i$  - порядковый номер ножа, закрепленного на одной плоскости диска,

$t_d$  - толщина диска, м,

Подставляя уравнение (3) в (2) имеем:

$$\alpha_i = \arctg \{ [L_{сд} (2i - 1) / 4Z_n - t_d / 2] / (r - r_d) \}. \quad (4)$$

Анализ уравнения (4) показывает, что с увеличением междискового расстояния возрастает угол отгиба рабочей части ножа, что нежелательно, так как это приводит к увеличению выноса влажных нижних слоев и отбросу почвы, что объясняется следующими соображениями. Наиболее приемлемым углом отгиба рабочей части ножа является такое его значение, которое не превышает угол трения почвы об сталь, т.е.:

$$\alpha_{imax} < \varphi_c, \quad (5)$$

где  $\alpha_{imax}$  - максимальное значение угла отгиба рабочей части эквидистантных ножей, градус;

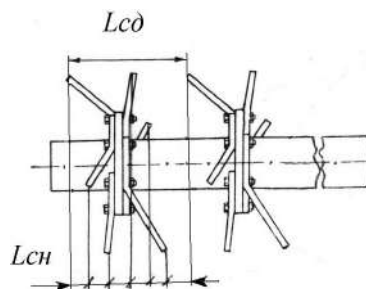


Рис. 1. Расчетная схема к определению параметров ножа с эквидистантной траекторией движения

$\varphi_c$  - угол трения почвы об сталь, градус.

При угле отгиба рабочей части ножа больше, чем на угол трения почвы о сталь, почвенные частицы, соприкасающиеся с рабочей поверхностью ножа, увлекаются этим ножом и отбрасываются только в том случае, когда центробежная сила, действующая на нее, будет больше, чем сила трения ее на рабочую поверхность ножа.

Подставляя уравнение (5) в (4) и после преобразования имеем:

$$L_{co}^{(M)} < \{ Z_n [2(r_p - r_d)tg \varphi_c + t_d] / (i - 0,5) \}. \quad (6)$$

Уравнение (6) позволяет в зависимости от угла отгиба рабочей части эквидистантного ножа определить максимальное значение междискового расстояния, обеспечивающего равномерную обработку почвы ротационной почвообрабатывающей машиной,

снабженной ножами с эквидистантной траекторией движения, что можно использовать при разработке новых ротационных рыхлителей роторами, снабженными эквидистантными ножами. Так, например, в ротационном бесприводном рыхлителе УРМ-4, выпущенным заводом «Наманган-агромаш» установлены роторы, снабженные эквидистантными ножами, конструктивные параметры которых определены с использованием уравнений (3), (4) и (6).

Результаты государственных испытаний и практика применения УРМ-4 в полевых условиях подтвердили приемлемость этих уравнений для практических расчетов при разработке и совершенствовании конструкции роторов, снабженных ножами с эквидистантной траекторией движения.

УДК 631.314.4; 631.316

© Ахметов А.А., Иноятов И.А. 2014 г.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТО-ПЛАНЧАТОГО КАТКА

**Ахметов А.А.**, ст. научный сотрудник специального конструкторского бюро «Трактор», канд. техн. наук; **Иноятов И.А.**, директор представительства «Узгеоавто», канд. техн. наук

*Tishli-plankasimon katokning ratsional parametrlarini va texnologik rejimiri aniqlash uchun tishli-plankasimon katokning tebranish kinematikasi va dinamikasi o'rganilgan. Uning alohida parametrlari sifat-energetik ko'rsatkichlariga asosan kesaklik va tuproqning zichligiga ta'siri o'rganilgan.*

*Tayanch iboralar: ratsional parametrlar, tishli-plankasimon katok, texnologik rejimlar, sifat-energetik ko'rsatkichi, tuproq zichligi.*

*Kinematics and dynamics of toothed-and-slatted roller are considered in this article for determination of rational characteristics of toothed-and-slatted roller and process modes. The effects of its certain characteristics on quality and energy indicators of lump crushing process and soil panning are studied as well.*

*Key words: rational characteristics, toothed-and-slatted roller, process modes, quality and energy indicators, lump crushing, soil panning.*

Применение на предпосевной обработке почвы в хлопководческом регионе для уплотнения почвы с разрушением комков и выравниванием поверхности поля катков различной конструкции уже не редкость. Особое внимание заслуживает применение зубчато-планчатого катка в конструкции комбинированного почвообрабатывающего орудия.

Различные почвенно-климатические и природные условия предъявляют и различные требования к каткам, применяемым как в отдельности, так и в сочетании с другими почвообрабатывающими рабочими органами в составе комбинированных машин. Поэтому вопросы теории и расчета, рациональных значе-

ний параметров катков, предназначенных для конкретных почвенно-климатических и природных условий, имеют большое научное и практическое значение. При этом вопрос применения зубчато-планчатых катков в условиях зоны хлопководства в научно-технической литературе освещен недостаточно полно.

Для определения рациональных значений параметров зубчато-планчатого катка и технологических режимов работы нами рассмотрены вопросы кинематики и динамики качения зубчато-планчатого катка. Изучено также и влияние его отдельных параметров на качественно-энергетические показатели процесса раздробления комков и уплотнения почвы.

Результатами проведенных исследований установлено, что среди изученных параметров наибольшее влияние на качественно-энергетические показатели работы зубчато-планчатого катка оказывают параметры: угол атаки зубчатой планки,  $\alpha_{am}(X_1)$ ; число зубчатых планок,  $n_{zn}(X_2)$ ; удельная нагрузка катка на почву,  $P_{y\delta}(X_3)$  и поступательная скорость движения,  $V_n(X_4)$ .

Изучения влияния совокупности изменения этих параметров на качественно-энергетические показатели работы зубчато-планчатого катка и установление на их основе рациональных значений изучаемых параметров представляет большой научный и практический интерес. С этой точки зрения эти параметры были приняты в качестве управляемых факторов, а исследование их влияния на качественно-энергетические показатели работы катка проводилось методом многофакторного эксперимента в пределах:  $\alpha_{am} = 0^\circ \dots 30^\circ$ ,  $n_{zn} = 10 \dots 20$  шт,  $P_{y\delta} = 700 \dots 1300$  Н/м и  $V_n = 1,5 \dots 2,5$  м/с [1].

Анализ результатов эксперимента показывает (рис. 1), что в исследуемом диапазоне с увеличением значений фактора  $X_4$  тяговое сопротивление возрастает. Качество крошения почвы при увеличении скорости движения от 1,5 до 2,33 м/с улучшается в среднем на 3-10%, а при дальнейшем увеличении ее значения до 2,5 м/с в окрестностях  $\alpha_{am} > 18^\circ$  этот показатель незначительно снижается. Во всех остальных случаях качество крошения почвы остается почти неизменным.

Видимо это объясняется тем, что с увеличением поступательной скорости увеличивается сила удара зубчатых планок о почвенные комки, но в то же время уменьшается время воздействия катка на почву, следовательно, уменьшается глубина погружения зубчатых планок в обрабатываемый слой почвы. В результате эффект приращенной силы удара компенсируется уменьшением времени воздействия катка на почву, поэтому содержание фракции размерами менее 10 мм остается почти неизменным. Тогда как увеличение в области эксперимента угла атаки зубчатых планок от  $0^\circ$  до  $25^\circ$  приводит к росту качества крошения почвы в среднем на 6-10%, а дальнейшее увеличение его значения до  $30^\circ$  приводит к незначительному снижению этого показателя.

Следует также отметить, если увеличение значений угла атаки от  $0^\circ$  до  $8^\circ$  на тяговое сопротивление катка влияет незначительно, то дальнейшее увеличение его значения приводит к росту тягового сопротивления катка. При этом наибольшее влияние угла атаки на тяговое сопротивление катка происходит при поступательных скоростях 1,5-2,0 м/с. Изменение значения угла атаки зубчатой планки и поступательной скорости движения катка на плотность почвы влияет неравнозначно. Так, если в области эксперимента увеличение поступательной скорости привело к увеличению плотности почвы на  $0,15 \text{ g/cm}^3$ , то увеличение угла атаки от  $0^\circ$  до  $18^\circ$  привело к росту

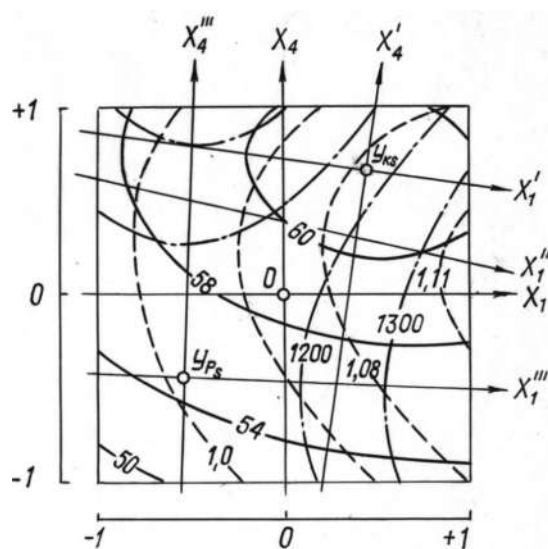


Рис. 1. Двумерное сечение поверхностей откликов, характеризующих удельное тяговое сопротивление катка, плотности и качества крошения почвы при  $X_2 = - 0,99$  и  $X_3 = - 0,25$ : — качество крошения почвы; - - плотность почвы; - . - . тяговое сопротивление

плотности почвы всего на  $0,03 \text{ g/cm}^3$ . Дальнейшее увеличение значений угла атаки зубчатой планки до  $30^\circ$  также привели, хотя к незначительному, но снижению этого показателя.

С точки зрения повышения качества обработки почвы, снижения тягового сопротивления и неровности полей, наиболее выгодными значениями исследуемых факторов являются  $X_1 = 0,2 \dots 0,4$  и  $X_4 = - 0,05 \dots - 1,0$ , т.е.  $\alpha_{am} = 18 \dots 21^\circ$  и  $V_n = 2,0 \dots 2,5$  м/с. При этих значениях факторов  $X_1$  и  $X_4$  плотность почвы находится в пределах  $1,02 \dots 1,08 \text{ g/cm}^3$ , качество крошения почвы будет не менее 60%, а удельное тяговое сопротивление не более 1400 Н/м. Качественные показатели работы катка, снабженного зубчатой планкой, во многом зависят также от характера взаимодействия зубчатых планок с почвой. Во время работы зубчато-планчатого катка почвенные комки, находящиеся во взаимодействии с ним, должны легко спадать на поверхность поля без защемления между смежными зубьями планок. В противном случае они,

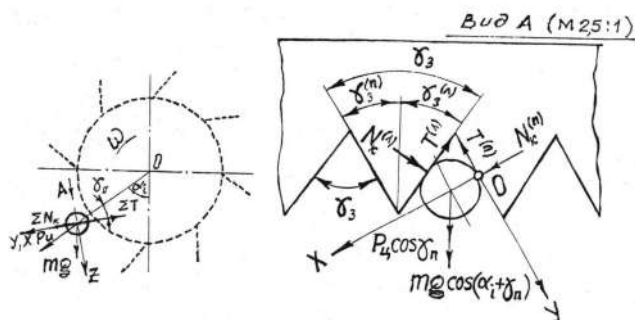


Рис. 2. Схема сил, действующих на почвенный комок, находящийся между смежными зубьями планок

либо, оставаясь защемленными, приводят к забиванию межзубового пространства почвой, следовательно, снижению эффективности работы зубчатой планки, либо, за счет центробежной силы отбрасываются на некоторое расстояние, что также сопровождается нежелательным эффектом - повышением неравномерности поверхности поля и запыленности рабочей зоны. Для предотвращения появления отрицательных эффектов работы катка рассмотрим схему сил, действующих на почвенный комок, находящийся между смежными зубьями планок (рис. 2) в момент выхода из обрабатываемого слоя почвы.

Приняв направление оси  $OY$  прямоугольной системы координат по линии одного из граней зуба, а -  $OX$  по линии действия нормального усилия на эту грань запишем условия равновесия комка:

$$N_k^{(n)} - T^{(n)} \sin(y_3^{(n)} + y_3^{(n)}) + N_k^{(n)} \cos(y_3^{(n)} + y_3^{(n)}) + \operatorname{tg} \sin y_3^{(n)} \cos(\alpha_i + y_n) + P_{\text{ц}} \cos y_n \sin y_3^{(n)} = 0, \quad (1)$$

$$N_k^{(n)} \sin(y_3^{(n)} + y_3^{(n)}) - T^{(n)} - T^{(n)} \cos(y_3^{(n)} + y_3^{(n)}) + \operatorname{tg} \cos(\alpha_i + y_n) \cos y_3^{(n)} + P_{\text{ц}} \cos y_n \cos y_3^{(n)} = 0, \quad (2)$$

где  $N_k^{(n)}$ ,  $N_k^{(n)}$  - нормальные усилия, действующие на почвенный комок,  $H$ ;

$T^{(n)}$ ,  $T^{(n)}$  - силы трения почвенного комка, соответственно, о правую и левую грани смежных зубьев,  $H$ ;  $y_3^{(n)}$ ,  $y_3^{(n)}$  - углы раствора, соответственно, правого и левого граней зуба, градус.

Для обеспечения свободного спадания почвенного комка из межзубового пространства достаточно выполнение условия для наихудшего случая, когда  $mg = 0$  и  $P_{\text{ц}} = 0$ , т.е.

$$T^{(n)} < N_k^{(n)} \sin(y_3^{(n)} + y_3^{(n)}) - T^{(n)} \cos(y_3^{(n)} + y_3^{(n)}). \quad (3)$$

Учитывая, что  $T^{(n)} = N_k^{(n)} \operatorname{tg} \varphi_c$ , и  $T^{(n)} = N_k^{(n)} \operatorname{tg} \varphi_c$  после преобразования уравнения (3) имеем:

$$y_3 = y_3^{(n)} + y_3^{(n)} > 2\varphi_c, \quad (4)$$

где  $y_3$  - угол раствора зуба планки, градус.

Уравнение (4) справедливо как для симметричных, так и для асимметричных зубьев планки. Для симметричных зубьев достаточно соблюдение условия:

$$y_3^{(n)} > \varphi_c \leq y_3^{(n)}. \quad (5)$$

Для сероземных почв, где по данным В.А. Сергиенко [2]  $\varphi_c$  достигает  $38^\circ$  и согласно уравнению (4) угол раствора  $y_3$  зуба планки катка должен быть не менее  $76^\circ$ .

#### Список литературы:

1. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Роцин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. -Л. Колос, 1980. -с.168.
2. Сергиенко В.А. Технологические основы механизации обработки почвы в междурядьях хлопчатника. - Ташкент: Фан, 1978. -с.101-107.

УДК 621.924.2

© Жумаев А.А., Якубова С.С. 2014 г.

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПРИРАБОТКА ЗУБОРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

Жумаев А.А., магистрант НГГИ; Якубова С.С., магистрант НГГИ

*Maqolada turli xil mareriallarga ishlov berish uchun mo'ljallanga kesuvchi asboblar mustahkamligi ko'rib chiqilgan.*

*Tayanch iboralar: kontaktli bog'lanish, ishqalanma ta'sirlashish, avvaldan ishqalab moslashtirish, birinchi yuza, mustahkamlik tuzilmasi.*

*Service life of lapped cutting tool in processing of various materials is considered in this article.*

*Key words: contact interaction, friction interaction, preliminary running-in, front surface, hardened structures.*

Надёжность режущего инструмента является важной эксплуатационной характеристикой обработки металлов резанием [1-3]. Потеря работоспособности зуборезного инструмента связана либо с достижением износа предельного значения, либо появлением сколов на режущей кромке. Место по-

явления скола и его величина носят случайный характер, однако наиболее преобладающей зоной являются уголки зубьев и вершинный участок. Величина скола в большинстве случаев также случайна и в процессе последующей эксплуатации инструмента остаётся неизменной. Появление сколов

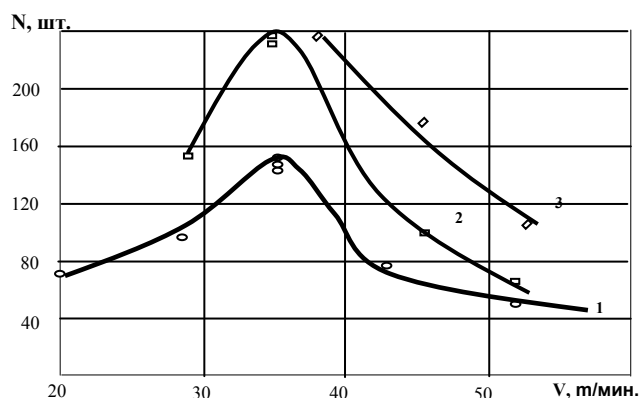


Рис. 1. Влияние скорости на стойкость червячной фрезы  $m = 10$  мм из Р6М5Ф при обработке шестерен из стали 40Х: 1 – без приработки; 2 – с приработкой на  $V=32,5$  м/мин.; 3 – с приработкой на  $V=42$  м/мин.

характерно на низких скоростях резания и больших пределах. На рис. 1. представлено влияние скорости резания на стойкость червячной фрезы  $m = 10$  мм из Р6М5Ф. Кривая имеет ярко выраженный максимум на скорости  $V = 42$  м/мин. Такой характер стойкостной зависимости связан с появлением сколов, причем с повышением скорости резания размеры и количество сколов уменьшаются и на скоростях выше  $V=42$  м/мин. практически отсутствуют и стойкостная кривая принимает типичный гиперболический вид.

Аналогичное место имеется и при работе зуборезной головки, обрабатывающей конические зубчатые колеса из стали 12ХН3А (рис. 2). Максимум стойкости в этом случае приходится на скорость резания  $V = 34$  м/мин. На этих же графиках представлены стойкостные кривые, полученные после предварительной приработки на соответствующих скоростях резания. Вид стойкостной зависимости после предварительной приработки во многом напоминает исходную, но располагается на более высоком уровне, при этом скорость резания, при которой имеет место максимальная стойкость, в большинстве случаев остается таковой и для приработанного инструмента.

На рис. 3 представлены стойкостные зависимости червячной шлицевой фрезы до и после предварительной приработки. Характер стойкостной зависимости в этом случае отличается от зубообработки, но наличие «горба» остаётся объединяющим признаком. Особенность износа червячной шлицевой фрезы заключается в отсутствии или очень редком появлении скол по сравнению с зубофрезерованием. Одной из причин отсутствия скол при шлице-фрезеровании является более прочная форма зуба червячной шлицевой фрезы, имеющей широкую толщину зуба и более плавное сопряжение на уголках, кроме того, шлицевые валы имеют меньшие диаметральные размеры, чем зубчатые колеса и размеры высоты шлица по сравнению с высотой

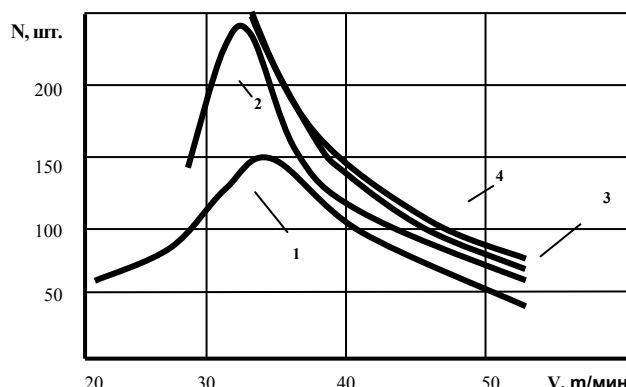


Рис. 2. Влияние скорости резания на стойкость зуборезной головки с ножами из Р6М5Ф3 при обработке конических зубчатых колес из 12ХН3А: 1 – без приработки; 2 –  $V_{пр}=21$  м/мин.; 3 –  $V_{пр}=29$  м/мин.; 4 –  $V_{пр}=34$  м/мин.

зуба, поэтому обрабатываемый инструмент должен воспринимать меньшие статические и динамические нагрузки.

Положительный эффект от предварительной приработки проявляется не только в повышении стойкости, но и в возможности увеличения производительности обработки при сохранении первоначальной стойкости.

Так, при зубофрезеровании цилиндрических шестерен технологически приемлемой скоростью является  $V = 32,5$  м/мин., соответствующая максимуму стойкости. Предварительная приработка позволяет повысить скорость резания до  $V = 55...57$  м/мин. при сохранении первоначальной стойкости ( $N = 120$  шт.). При фрезеровании конических зубчатых колес технологическую скорость резания можно повысить с  $V=34$  м/мин. до  $V = 55$  м/мин.

Вышеизложенное позволяет отнести метод предварительной приработки зубофрезерного инструмента, как один из эффективных способов повышения стойкости. Причем данный тип инструмента

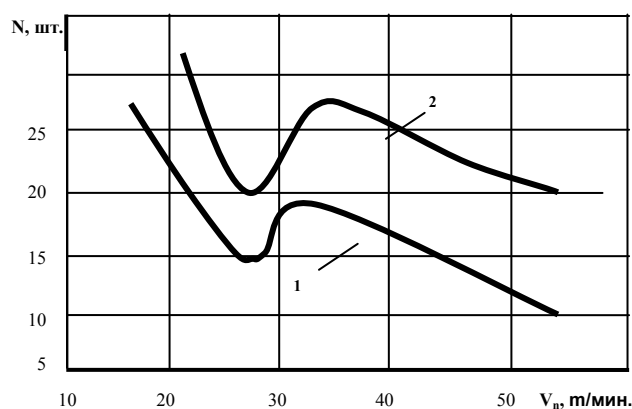


Рис. 3. Влияние скорости резания на стойкость червячной фрезы из Р9К6М при обработке валов из 12ХГСА ( $S=0,25$  мм/зуб;  $t = 2,0$  мм): 1 – без приработки; 2 – с приработкой на  $V=17,5$  м/мин.

является наиболее приемлемым с точки зрения эффективности. Действительно, практически все зуборезные инструменты по конструктивным особенностям имеют геометрические параметры не оптимальные с точки зрения стойкости и крайне неудобны для упрочнения. Так, большинство технологий упрочнения основаны на создании упрочненных структур или формировании специальных покрытий на передней поверхности при условии, что переточка инструмента должна осуществляться по задним поверхностям. Зуборезные инструменты перетачиваются преимущественно по передней поверхности, в результате чего уносится весь упрочненный слой. Производить же традиционные способы упрочнения после каждой переточки экономически не всегда целесообразно.

Предварительную приработку можно производить после каждой переточки инструмента, т. к. метод не требует никаких дополнительных материально-технических затрат.

Незначительные экономические потери, связанные с занижением режимов резания при предварительной приработке можно частично компенсировать, если совместить этот процесс с настройкой инструмента на размер. Другим положительным моментом предварительной приработки является возможность отбраковки инструмента в самой начальной стадии эксплуатации, что снижает вероятность появления брака при поломке инструмента в эксплуатационный период.

Начальный период работы инструмента характеризуется трансформацией исходной структуры инструмента, связанной с её приспособлением к режимам контактного взаимодействия. В зависимости от деформационно-тепловых условий фрикционного взаимодействия в контакте поверхностные слои инструмента могут разрушаться или упрочняться.

Последнее обстоятельство является главным для реализации приработки инструмента.

#### Список литературы:

1. Панин В.Е., Егорушкин В.Е., Макаров П.В. и др. *Физическая мезомеханика и компьютерное моделирование материалов*. – Новосибирск: Наука, 1995. 618 с.
2. Смагоринский М.Е., Буляда А.А., Кудряшов С.В. *Справочник по термомеханической и термоциклической обработке металлов*. – СПб: Политехника, 1992. 416 с.
3. Новиков И.И., Розин К.М. *Кристаллография и дефекты кристаллического строения*. – М.: Металлургия, 1990. 336 с.

УДК: 94(575.1)

© Нарзуллаев У.О. 2014 г.

## **ЎЗБЕКИСТОН ҲУДУДЛАРИНИНГ ИЖТИМОЙ-ИҚТИСОДИЙ ВА ТАРИХИЙ РИВОЖЛАНИШ ТАҲЛИЛИ (НАВОЙИЙ ВИЛОЯТИ МИСОЛИДА)**

Нарзуллаев У.О., НавДПИ «Ўзбекистон тарихи» кафедраси катта ўқитувчиси

*В статье проанализированы вопросы: социального, экономического развития Навоийской области, а также вопросы и проблемы образования, административного и экономического развития региона в годы независимости республики и приводится статистический анализ экономических показателей.*

*Ключевые слова: социальное и экономическое развитие, образование, статистический анализ, экономические показатели.*

*Issues of social and economic development of Navoi region including issues of education, administrative and economic development of the region within years of independence are analyzed in this article, and the statistical analysis of economic indexes is presented.*

*Key words: social and economic development, education, statistical analysis, economic indexes.*

Вилоят мамлакатимизнинг энг йирик минтакаларидан бўлиб, ер майдони кенглиги жиҳатдан Қорақалпоғистон Республикасидан кейин иккинчи ўринда туради. Вилоят ер майдони мамлакат ҳудудининг 24 %дан ортиғини эгаллайди. Вилоят ғарбдан Қорақалпоғистон, шимолдан Қозоғистон, жануби-шарқдан Жиззах, Самарқанд, жанубдан Қашқадарё, жануби-ғарбдан Бухоро вилоятлари билан чегарадош. Вилоят ҳудуди 110,99 минг кв.км [1].

Вилоят аҳолиси сони ер майдонига нисбатан кам бўлиб, бу ҳол республикада аҳоли зичлиги энг паст кўрсаткичга эга экани билан характерланади. Рақамларга мурожаат қиладиган бўлсак, аҳолининг ўртача зичлиги бир кв.км да 7, 9 нафарга (2011 йил маълумотларига асосан) тенг. Демак, Навоий вилояти бошқа вилоятлар орасида аҳоли зичлиги бўйича охириги ўринда туради, ҳар бир кв.км майдонга етти нафар тўғри келади [2].

Вилоятда иш билан банд аҳоли 389,2 минг нафар бўлиб, ишга яроқли аҳолининг 80,8 % ини ташкил қилади. Шундан 65,4 % корхона, ташкилотларнинг ишчи ва хизматчилари, 20,8 % қишлоқ хўжалиги билан банд, 6,2 % кичик бизнес билан шуғулланувчилар, 7,6 % ишга лаёқатли талаба ёшлардир [3].

Навоий вилоятининг ижтимоий-иқтисодий ва маданий тараққиёти бир текисда ривожланган эмас. Вилоят ўз ривожланиш тарихининг уч даврни бошидан кечирди.

**Биринчи даври**, 1982-1991 йиллар. Қизилқум табиий бойликларини ўзлаштириш жараёнида кенг тармоқли ишлаб чиқариш комплекслари вужудга келди. Ўз ишлаб чиқарган маҳсулотлари қиймати ва аҳамияти жиҳатдан бу корхоналар нафақат республикада, балки собиқ Иттифокда ҳам муҳим ўрин эгаллади. Шу билан бир қаторда чўлда гўзал, кўркам, кўкаламзор ва барча қулайликларга эга Навоий, Зарафшон, Учкудук каби шаҳарлар қад кўтарди.

Маъмурий-худудий бирлик бўлиш учун барча асосларга эканлигини ҳисобга олиб, 1982 йилда Навоий вилояти ташкил этилди [4]. Аммо, кўп вақт ўтмасдан Навоий вилояти маъмурий бирлик сифатида тугатилиб, унинг худудлари Самарқанд вилоятига қўшиб юборилган бўлса [5], кейинчалик собиқ вилоятнинг бир қатор туманлари Бухоро вилояти таркибига киритилди [6].

Бу даврнинг яна бир асосий хусусияти шундаки, мустамлакачилик сиёсати оқибатида вилоят ўз еридаги бойликларни ўзи тасарруф этиш ҳуқуқидан маҳрум эди. Ўзбекистоннинг ер ости бойликлари умумиттифок мулки деб қараларди [7].

Вилоятда қазиб олинаётган олтин, рангли металллар, стратегик аҳамиятга эга материаллар, жаҳон бозорида бошқа қимматбаҳо маҳсулотларни ишлаб чиқариш ва сотишдан келадиган фойда Ўзбекистон хазинасига тушмас ва унинг миллий манфаатларига хизмат қилмас эди.

**Иккинчи даври**, 1992-1995 йиллар. Мустақилликни қўлга киритилиш билан Ўзбекистонда тарихий тараққиётнинг янги босқичи бошланди ва давлат ҳамда жамият ҳаётининг барча соҳаларида ва йўналишлари чуқур туб ўзгаришлар билан боғлиқ бўлди. Айнан Ўзбекистон Республикаси давлат мустақиллигини қўлга киритиш Навоий вилоятининг қайта ташкил этилишида бош омил бўлди [8].

Шуни таъкидлаб ўтиш жоизки, мустақилликнинг дастлабки йиллари мамлакатимизнинг бошқа вилоятлари каби Навоий вилояти учун, унинг ижтимоий ва иқтисодий ривожланиши учун мураккаб давр бўлди.

Умуман, бозор иқтисодиётига ўтиш шароитида нафақат вилоят, балки республика бўйича ҳам иқтисодиётнинг ривожланиши, саноатнинг янги тизимига ўтиши кийин ва муаммоли кечди. Ушбу ҳолат саноат ишлаб чиқаришида ўз аксини топди. Вилоятдаги бир қатор корхоналарда ишлаб чиқариш Навоийазот, Навоий ГРЭСи, Электркимёзаводи каби корхоналарда камайиб кетди, айримлари бутунлай ишламай қўйди. Совет тизимининг оғир оқибатларини енгиш, тангликка барҳам бериш, иқтисодиётни барқарорлаштириш, вилоятнинг ўзига хос шароитлари ва хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда бозор муносабатларига ўтиш каби вазифалар бу даврнинг хусусиятини белгилади.

**Учинчи даври**, 1996 йилдан кейинги давр. Республикада амалга оширилган кенг қамровли, самарали ислохотлар натижасида Навоий вилояти ижтимоий-иқтисодий ҳаётида ўсиш кузатилди. Архив ва жорий архив материаллари таҳлили шуни кўрсатдики, 1996 йилдан бошлаб ишлаб чиқариш суръатлари сақланиб қолиниш билан бир қаторда йилдан йилга ўсиб борди. Масалан, 1996 йилда вилоят саноат корхоналари солиштирма нархларда 14585,5 млн сўмлик (амалдаги нархларда 18197,6 млн сўмлик) маҳсулот ишлаб чиқарган, бу кўрсаткич 1995 йилга нисбатан 4848,3 млн сўмга кўпайиб, 149,8 %га ўсган [9].

1997 йилда эса вилоятдаги саноат корхоналарида ишлаб чиқарилган маҳсулотларнинг солиштирма баҳоси 25,1 млрд сўмни ташкил этган. 1996 йил билан таққослаганда бу кўрсаткич 2,9 млрд сўмга кўп, ёки ўсиш суръати 113,3 %га тенг бўлган [10].

**Жадвал 1**

**Навоий вилояти ва туманларининг майдони,  
аҳолиси сони ва зичлиги [12] (2001 ва 2011 й)**

Шахар ва туманлар	Ер майдони (минг кв. км)	Жами аҳолиси сони (минг киши) 2001 й	Аҳоли зичлиги (1 кв. км)	Жами аҳолиси сони (минг киши) 2011 й	Аҳоли зичлиги (1 кв. км)
Навоий ш.	0,05	144,8	2896,0	134,8	2696,0
Зарафшон ш.	0,02	65,7	3285,0	74,0	3700,0
Туманлар					
Кармана	0,95	70,2	73,8	105,6	111,1
Конимех	9,14	42,0	4,5	30,2	3,3
Қизилтепа	2,19	108,9	49,7	133,2	60,8
Навбахор	1,57	78,2	49,8	97,2	61,9
Нурота	6,53	73,0	11,1	82,3	12,6
Томди	42,49	26,9	0,6	16,1	0,3
Учкудук	46,63	41,2	0,8	35,1	0,7
Хатирчи	1,42	144,9	102	173,2	121,9
Вилоят бўйича	110,99	795,8	7,1	881,7	7,9

туманлар асосан қишлоқ хўжалик маҳсулотларини етиштириш ва ишлаб чиқаришга ихтисослашган. Томди, Конимех, Нурота ва Учкудук туманлари чўл ва дашт зоналарида ташкил топган бўлиб, табиийки, бу туманларда чорвачилик етакчи соҳа ҳисобланади. Вилоят қишлоқ хўжалигида асосан икки тармоқ пахтачилик ва қоракўлчилик етакчилик қилади. Вилоятда қишлоқ хўжалиги, айниқса, суғорма деҳқончилик суст ривожланган. Жами агросоҳа маҳсулотининг 63,8 % чорвачиликка тўғри келади (жадвал 1).

Навоий вилояти ҳудуди саккиз туманга бўлинган. Булар куйидагилар: Кармана, Конимех, Навбахор, Нурота, Томди, Учкудук, Хатирчи, Қизилтепа [11]. Вилоятнинг Хатирчи, Навбахор, Қизилтепа ва Кармана туманлари суғорма деҳқончилик минтақаси ҳисобланиб, бу

ликда яйлов сифатида фойдаланилади. Вилоят ҳудудининг кўламига нисбатан олиб қараганда унинг иқтисодий фаол қисми, яъни экин майдонлари жуда камдир.

Бу ерда барча экин майдонлари атига 100 минг гектардан сал кўпроғни ташкил қилади, холос. Унинг тахминан 40 фоизи ғалла шунга яқинроқ қисми пахта (41 минг гектар) билан банд. Вилоятда бир йилда 266 минг тонна ғалла, 122 минг тонна пахта олинади. Боғдорчилик ва узумчилик асосан Хатирчи ва Нурота туманларида яхши ривожланган. Бу туманлар боғбонлари бир йилда 40 минг тоннага яқин узум ҳосили етиштиришади [13].

Мамлакатимиз иқтисодиётида етакчилик қиладиган Навоий вилояти саноат корхоналарида республика бўйича олтин ва ураннынг асосий қисмини, нейтрон толасининг 100 %ини, аммиак селитрасининг 70 %ини, сирка кислотасининг 25,4 %ини, цементнинг 50 %ини, заргарлик буюмларининг 56 %ини, ўсимликлар химояси учун кимёвий моддаларнинг 4,1 %ини етказиб беради [14].

**Жадвал 2**

**Вилоят корхоналарида соҳалар бўйича экспорт  
кўсаткичларининг фоизлардаги ҲИСОБИ**

Соҳалар ва корхоналар	2009 йилда		2010 йилда		2011 йилда	
	ҳажми	%	ҳажми	%	ҳажми	%
Жами экспорт	493592,1	100	550613,9	100	604752,1	100
НКМК ДК	286591,2	58,1	318100,0	57,8	429777,3	71,1
«Навоийазот» ОАЖ	91775,0	18,6	82621,1	15,0	67280,9	11,1
«Қизилқумцемент» ОАЖ	30540,9	6,2	24294,9	4,4	25412,7	4,2
«Амантайтау-Гольдфис» ҚК	26071,8	5,3	19402,5	3,5	4880,2	0,8
«Навоий тола» МЧЖ (пахта толаси)	27467,2	5,6	49655,8	9,0	50912,5	8,4
Енгилсаноат маҳсулотлари	6799,3	1,4	16952,3	3,1	15826,6	2,6
Қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари	3669,8	0,7	6707,7	1,2	4158,5	0,7
Қурилиш моллари	1976,3	0,4	3218,6	0,6	4542,1	0,8
Хизматлар	12451,5	2,5	29983,6	5,4	1467,5	0,2
«Навоий» ЭИИЗ корхоналари	0,0	0	0	0	195,2	0,03
Бошқалар	6249,1	1,3	0	0	298,6	0,05

Умумий ҳисоб бўйича мазкур корхоналарда 50 дан ортиқ турдаги зарурий маҳсулотлар ишлаб чиқарилади.

Вилоятда жами 799 та корхона 750 млрд.сўмлик (595,2 млн.АҚШ доллари) маҳсулот ишлаб чиқарган. 2008 йилда вилоятдаги саноат корхоналар сони 908 тага, 2009 йилда 1081 тага, 2010 йилда 1150 тага етган (жадвал 2) [15].

2006 йилда вилоят корхоналари томонидан 4,2 млн.АҚШ доллари миқдоридан экспортга маҳсулоти чиқарилган. Бу кўрсаткич 2005 йилга қиёслаганда 3,6 баробарга кўпайган. Вилоятдаги экспорт қилувчи корхоналарни ҳар томонлама қўллаб-қувватлаш ва экспорт таркибини диверсификациялаш, маҳсулот сотишнинг янги ташқи бозорларини фаол излаш ва ўзлаштириш борасида олиб борилган ишлар натижасида 2011 йилда 57 та корхона томонидан жами 604 млн.АҚШ долларлик 32 турдаги маҳсулот ва хизматлар экспорт қилинган ва кўрсаткич 2010 йилга нисбатан 109,8% ни ташкил этган [16].

Аммо шуни таъкидлаш керак, туман корхоналарининг экспорт даражасини қониқарли деб бўлмайди. Вилоят экспортида Нурота ва Хатирчи туманларининг улуши 0,01 %ини, Конимех туманининг улуши 0,3 %ини, Қизилтепа тумани улуши 0,4 %ини ташкил этган бўлса, Навбахор туманида экспортга мутлақо маҳсулот чиқарилмаган [17].

2008 йилда вилоятнинг ташқи иқтисодий алоқалари хориждаги 62 та давлатлар билан амалга оширилди. Ташқи иқтисодий ҳамкорлик асосан саноати ривожланган давлатлар билан йўлга қўйилиб, уларнинг улуши вилоят товар айланмасининг 64,5 %ини ташкил этди. Бу давлатларга 59,8 % экспорт маҳсулотлари чиқарилиб, 40,1 % импорт маҳсулотлари киритилган [18].

2008 йилда экспорт ҳажми 553, 4 млн. АҚШ доллари, импорт 371,2 млн. АҚШ долларини ташкил этди. 2009 йилда 493,64 млн. АҚШ доллари, импорт 356,6 млн. АҚШ доллари, 2010 йилда 548,7 млн. АҚШ доллари, импорт 373,4 млн. АҚШ долларини ташкил этган [19].

Бугун Вилоятда фаолият олиб бораётган саноат корхоналари мамлакатимиз иқтисодиётини ривожлантириш, қудратини оширишда ўзларининг муносиб ҳиссаларини қўшиб келмоқдалар, уларни модернизациялаш ва технологик жиҳатдан янгилаш амалга оширилиб, жаҳон андозалари даражасида сифатли ва рақобатбардош маҳсулотлар ишлаб чиқармоқда. Хулоса қилиб айтганда, Навоий вилоятида XX асрнинг 60-80 йилларида пайдо бўлган юқори даражадаги бунёдкорлик ва ишлаб чиқариш суръати сўндирилмади, аксинча, истиқлол шарофати билан жаҳон андозаларига мос янги корхоналар, технологиялар мустақкам асосга эга бўлган иқтисодий-ижтимоий тизимга қўшилди.

Мустақиллик йилларида Ўзбекистон ҳудудлари, шу жумладан ўзига хос жиҳатларига эга Навоий вилояти ўзининг ижтимоий-иқтисодий, сиёсий, маданий-маънавий, илмий-техникавий соҳаларда етакчи ўринлардан бирини эгаллаётганини кўрсатди. Ислохотлар бошланган дастлабки йилларда иқтисодиётда таркибий ўзгаришлар ясашга, унинг бир ёклама, хомашёга йўналтирилганини бартараф этишга муваффақ бўлинди.

Бунга бир томондан, мавжуд ишлаб чиқариш корхоналарига янги техника ва технологияларни жорий этиш; иккинчи томондан, янги замонавий ишлаб чиқариш корхоналарини барпо этиш йўли билан эришилди. Республика ҳукмати ишлаб чиққан дастурларда белгиланган чора - тадбирлар, авваламбор, халқ истеъмоли моллари ва янги саноат маҳсулотлари ишлаб чиқаришни кўпайтириш, уларнинг сифати ва рақобатбардошлигини оширишга қаратилди. Натижада собиқ совет тузumi даврида вилоятга четдан келтирилган халқ истеъмоли моллари шу ҳудуддаги саноат корхоналарида ишлаб чиқариш йилдан-йилга ошиб борди.

Мустақиллик йилларида Навоий вилоятида бир қатор ўзгаришлар ва бунёдкорлик ишлари амалга оширилди. Учқудуқ шаҳридаги 3 – гидрометаллургия заводининг биринчи навбати, Қизилқум фосфорит заводи, «Навоий» халқаро аэропорти, «Навоий-Султон Увайс-Нукус» темир йўл тармоғининг қурилиши фикримиз исботидир. Бундай иншоотларнинг ишга туширилиши мамлакатимизнинг иқтисодий қувватини оширишда муҳим аҳамият касб этаётгани барчага аён.

Вилоятда кўп қиррали иқтисодиётни барпо этиш, аҳолининг турмуш даражасини ошириш, янги иш ўринларини барпо этиш, ишсизликка барҳам бериш, экспорт салоҳиятини ошириш ҳамда импорт ўрнини босадиган рақобатбардош маҳсулотлар ишлаб чиқариш, чет эл инвестициясини кенг жалб этиш ҳисобига қўшма ва кичик корхоналарни ташкил қилиш, маҳаллий хомашёдан унумли фойдаланиш ҳисобига қатор ютуқларга эришилди.

Бугун мамлакатимизда амалга оширилаётган бу каби ислохотлар, хусусан, корхоналарни модернизация қилиш, техник ва технологик жиҳатдан яхшилашнинг пировард мақсади айнан шу жараён орқали ишлаб чиқариш суръатларини оширган ҳолда иқтисодиётни янада ривожлантириш, аҳоли бандлиги даражасини орттириш, халқнинг турмуш фаровонлигини таъминлашдир.

яна бири чет эл инвестицияларининг Ўзбекистон иқтисодиётига жалб қилиниши ижтимоий-иқтисодий ўзгаришларнинг муваффақиятли бўлиши учун муҳим омил бўлди. Натижада «Omontov Goldfields», «Sharq Qizilqum», «Langar-UZROS», «Aqua-To'dako'l», «Betonit», «Tael-polimer sintez», «Amerikan-Uzbek-Afgan trade hauze», «NBR-Industry», «Thomas-Navoiy», «Nestor», «Navoiy-Ural», «Mosatex», «Grand-textile», «Baxt-textile», «Navbahor-textile», «Navoiy-Silk», «Malabar-Silk» каби кўплаб қўшма корхоналар юзага келди. Бундай корхоналарда ишлаб чиқарилган маҳсулотлар ички бозорни тўлдириш билан бир қаторда хорижий давлатларга экспорт қилинмоқда. Навоий вилояти индустриал ривожланган вилоят ҳисобланиши билан бирга унинг ҳудудида, ҳали ўрганилмаган табиий захиралар ва маъданлар кўп. Улар асосида рангли металлургия, кимё, ёқилғи каби қатор соҳаларни ривожлантириш мумкин.

Бу ва бу каби бошқа омилар хорижий компания ва фирмалар нигоҳини Навоий вилоятига қаратди.

Навоий шаҳри халқаро аэропорти ҳудудида республикада биринчи бор эркин индустриал-иқтисодий зона ташкил этилди. «Навоий» эркин индустриал-иқтисодий ҳудуди атрофи 9,6 километр девор билан тўсилиб, бу ерда ташкил этилаётган ишлаб чиқариш корхоналарнинг фаолият юритиши учун зарур бўлган инфраструктура ва муҳандислик коммуникациялари вужудга келтирилди.

Бу ерда иш бошлаган электроника, автомобиль қисмларини ишлаб чиқарувчи, полимер ва озиқ-овқат маҳсулотларини қайта ишлашга мўлжалланган дастлабки бешта корхона 2010 йилдан тўлақонли равишда фаолият кўрсатиб, маҳсулотлар асосан экспортга чиқарилмоқда.

Бундан кўринадики, фаолиятини бошлаганига кўп бўлмаган бўлса-да, экспортбоп маҳсулотлари билан дунёга юз тутаётган бу ҳудуд ўзига сарфланган маблағни ва кутилган натижани бериши шубҳасиздир.

Жаҳон молия-иқтисодий инқирози шароитда «Навоий» эркин индустриал-иқтисодий зонасининг ташкил этилиши, иқтисодий инқироз келтириши мумкин бўлган салбий оқибатларни олдини олиш, иқтисодиёт тармоқларининг барқарор ишлашини таъминлаш, аҳоли бандлигига кўмаклашиш, экспорт қилувчиларни, замонавий корхоналарни ва кичик бизнесни аниқ манзилли қўллаб-қуватлаш ҳамда ижтимоий хизматлар сифатини янада ошириш борасида мамлакатимизда олиб борилаётган тизимли чора-тадбирлар таркибида муҳим ўрин эгаллади.

Бу табиийки, миллий иқтисодиётимизнинг рақобатбардошлигини оширишга уни модернизация ва диверсификация қилишнинг локал ва минтақавий иқтисодиётдаги имкониятларини кенгайтиришга ҳамда юксак технологияларга асосланган маҳсулотлар ишлаб чиқаришга замин яратди.

#### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Аҳмедов Э. *Ўзбекистон шаҳарлари мустақиллик йилларида*. - Тошкент: Абу Али ибн Сино тиббиёт нашри, 2002. -Б.18; Аҳмедов Э., Сайидаминова З. *Ўзбекистон Республикаси*. - Тошкент: Ўзбекистон, 2006. -Б. 103
2. *Навоий вилояти статистика бошқармаси маълумотлари*
3. <http://www.fiez.uz/page2.php?page=6>
4. *Ўзбекистон ССР составида Навоий области ташкил этиш тўғрисида Ўзбекистон ССР Олий Совети Президиумининг фармони // Ўзбекистон ССР Олий Совет Ведомствлари*. Тошкент, 1982. 10-сон, 3-бет; *Индустриальный Навои*. 1982. 29 апреля.
5. *Об объединении Навоийской и Самаркандской областей Узбекской ССР*. Указ Президиума Верховного Совета Узбекской ССР // *Ўзбекистон ССР Олий Совет Ведомствлари*. Тошкент, 1988. 25-сон, 12-бет.
6. *Самарканд область территориясининг бир қисмини Бухоро области таркибига ўтказиш тўғрисида Ўзбекистон ССР Олий Совети Президиумининг фармони // Ўзбекистон ССР Олий Совет Ведомствлари*. Тошкент, 1989. 14 -15-сон, 4-бет.
7. Қаранг: Каримов. И.А. *Биздан озод ва обод Ватан қолсин*. 2-жилд. - Тошкент: Ўзбекистон, 1996. -Б.341.
8. *Ўзбекистон Республикаси таркибида Навоий вилоятини қайтадан тиклаш ҳақида Ўзбекистон Республикаси Олий Кенгаши Раёсатининг Қарори // Ўзбекистон Республикаси Олий Кенгашининг Ахборотномаси*. Тошкент, 1992. 4-сон, 65-66-бетлар.
9. *Навоий вилоят давлат архиви*. 100 - фонд, 1-рўйхат, 247 - иш, 14 - варақ.
10. *Навоий вилоят давлат архиви*. 100 -фонд, 1-рўйхат, 303 -иш, 6 - варақ.
11. *Ўзбекистон Миллий энциклопедияси*. 6-жилд. - Тошкент: Ўзбекистон Миллий энциклопедияси Давлат нашриёти, 2003. -Б. 229
12. Манба: *Навоий вилояти статистика бошқармаси маълумотлари асосида тузилган*
13. <http://www.fiez.uz/page2.php?page=6>
14. *ЎЗРМДА*. М-20-фонд, 1-рўйхат, 31-йиғма жилд, 1 - варақ
15. *Навоий вилояти статистика бошқармаси маълумотлари*
16. *Вилоят ташқи иқтисодий алоқалар, инвестициялар ва савдо бошқармаси жорий архив материаллари*
17. *Халқ депутатлари Навоий вилоят Кенгашининг 9 сессия материаллари*. 2007 йил 6 апрель.
18. <http://www.fiez.uz/page2.php?page=7>
19. *Навоий вилояти статистика бошқармаси маълумотлари*.

## ЧЕМУ И КАК УЧИТЬ СОВРЕМЕННЫХ ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ

Аренс В.Ж., вице-президент РАЕН, докт. техн. наук, профессор

*Kon muhandislarini tayyorlashda fundamental va amaliy fanlarni o'qitishdagi muammolar ko'rib chiqilgan. Tayanch iboralar: oliy konchilik ta'limi, fundamental va amaliy fanlar.*

*The issues of combination of basic and applied disciplines in mining engineers' training are under consideration.*

*Key words: higher mining education, basic and applied subjects.*

Чему учить горных инженеров? Как должны сочетаться фундаментальные и прикладные знания? Кого и как готовить?

Вероятно, образование тоже станет товаром, т. е. оно обязано научиться быть товаром и жить по законам рынка. Кстати, высшее образование - очень выгодный бизнес. Что такое рынок? Это бизнес, а он имеет двух «родителей» - добро и зло. Культура общества должна воспитывать бизнес, давать ему духовное воспитание, прививать чувство соперничества. В то же время капитализм, как правило, сопровождается жесткой конкуренцией, которая во многом определяет стабильность и уверенность в будущем, и, конечно, распределение доходов.

Наступила эпоха глобализации или, как говорят, «постиндустриальная эпоха». Что это значит? Прогноз на будущее делать трудно. Все быстро меняется и современному человеку всегда нужно что-то новое. Чтобы находить новое, надо постоянно адаптироваться к текущему моменту. Успешному сотруднику фирмы надо постоянно находить нестандартные решения, а это значит, что он должен быть и талантливым, и инициативным, и свободно себя чувствовать в условиях конкуренции.

Настоящее образование в ВУЗе можно получить, только общаясь с преподавателями, занятыми научно-исследовательской работой. Сочетание науки и образования способно обеспечить современные знания, знания будущего, которые могут дать студентам только активно работающие исследователи.

Именно об этом было сказано еще на праздновании 50-летия МГА-МГИ: «Сегодня надо учить в ВУЗе не только прошлым и современным знаниям, а будущим, т. е. показать тенденции поиска новых знаний в конкретных науках».

Только отлаженная система образования и большие инвестиции в человеческий капитал дадут возможность государству выжить, а квалифицированный человек - главный ресурс страны и мирового рынка.

Необходимы политические (идеология) и экономические (уровень жизни) меры по удержанию в стране наиболее талантливых людей.

Цель горного образования - дать студентам теоретические и практические знания для будущей работы на различных объектах минерально-сырьевого комплекса страны и научить применять эти знания в своей повседневной работе.

Полученные в университете теоретические и практические знания должны позволять горному инженеру осмыслить опыт работы фирмы, в которой он работает, и оценить современные тенденции возможных способов улучшения показателей её работы.

Горный инженер в современных условиях должен предвидеть все, что его ждет в дальнейшей работе. Он обязан уметь самостоятельно определить будущие проблемы профессии и в этом ему помогут знания теории, широта мышления и полученные навыки поиска новых решений. Это возможно только при умении самостоятельно добывать знания и осмысливать факты действительности.

Для горных инженеров необходимо приобретение специального бизнес образования для того, чтобы хорошо ориентироваться в вопросах бухгалтерского учета, налогообложения, финансовых и правовых взаимодействиях с банком, особенностях корпоративного права, акционерного капитала и т. д. Современных специалистов нельзя готовить только по узкой инженерной специальности. Горный инженер должен понимать принципы функционирования всех объектов управления и знать, как принимать решения в зависимости от конкретных условий.

Надо учить студента мыслить системно, не останавливаться на явном, а стремиться охватить весь спектр возможных решений. Принимая конкретные решения, студент должен задать себе вопрос, владеет ли он всей необходимой для принятия решения информацией и будет ли его решение оптимальным.

Исторически в обучении в вузе преобладали лекции, в современных условиях необходимо внедрять активные методы обучения, в том числе диспуты, обсуждения, конкурсы, чему сегодня не уделяется достаточно внимания.

Преподаватель Московской горной академии М.К. Гребенча еще в 1920-х гг. предложил «консультативный» метод преподавания. Суть его состояла в том, что после краткого введения в предмет студентам предлагалось заниматься самостоятельно по учебникам, а сложные вопросы выяснять на консультациях. Этот метод мог быть осуществлен только в условиях, когда библиотека может обеспечить студентов всем разнообразием информационного материала, чего не было в 1920-х гг.

Думаю, необходимо существенно сократить лекционный цикл преподавания предметов и дать возможность студентам самостоятельно (по заданию профессора) готовиться к встрече с ним по конкретным темам курса. Надо перестроить работу ВУЗа на основе ежедневной самостоятельной работы студентов в библиотеке, где они должны проводить большую часть времени. Знания можно контролировать на практических занятиях по разделам курса подготовки к конкретному сроку.

Надо практиковать письменные работы, где студенты обязаны, кроме учебников по заданной теме, знакомиться с новыми решениями из современных книг и журналов. Чтобы это осуществить, библиотеки должны быть оснащены компьютерами, с помощью которых студенты смогут знакомиться с современной литературой и сослаться на нее в своей отчетной работе.

Уверен, что в ВУЗах в ближайшее время осуществится перевод занятий в сферу самостоятельной работы с ее контролем в виде выполнения индивидуальных заданий с презентацией и обсуждением, когда студенты смогут показать свою эрудицию по обсуждаемой теме в конкретной ситуации, максимально приближенной к действительности, найти правильный выход из поставленной преподавателем задачи и сделать ряд шагов в поиске эффективного решения.

Активной формой занятий, как известно, является разбор ситуаций, которые имитируют реальные процессы и поиск правильных решений. Вероятно, большинство курсов, дающихся в вузе, было бы интересно дополнить задачами и специально разработанными упражнениями.

Работая в МГИ в середине 1960-х гг. доцентом и читая курс «Физико-химические методы разработки», я предложил студентам творческий подход к заданной курсовой работе, а именно, использовать дополнительные материалы из книг, статей, результатов НИР и изложить свои решения на занятиях для всей группы.

Задание было такое: студенты по названию полезного ископаемого определяли минералы, в которых

имелось его промышленное содержание для эффективной разработки; выбирали конкретное месторождение; предлагали эскизный проект его разработки на базе физико-химических методов, начиная с его вскрытия, системы разработки, технологии выемки и первичной переработки и даже экономической эффективности принятых решений.

Работа была интересна студентам. Используя данные из литературных источников, они предлагали самые невероятные и оригинальные способы добычи, находили узкие места своих предложений и определяли вопросы и дисциплины для изучения. Отчет по каждой курсовой работе авторы делали перед всей группой. В критике принятых решений участвовали все. Эти «мозговые атаки» многие помнят до сих пор. Бывшие студенты МГИ И.Л. Демьянова, Р.С. Мижерова, Д.Н. Шпак, В.С. Подхалюзин развили свои предложения и через несколько лет, уже работая в Государственном институте горно-химического сырья, защитили кандидатские диссертации.

На современном этапе целесообразно привлечение для преподавания в ВУЗе исследователей, работающих в НИИ и проектных учреждениях. Привлекаемые профессора и доценты, как правило, должны работать в вузе по совместительству. У таких преподавателей студент получит подготовку, более соответствующую его будущей работе, т. е. будет выше его конкурентоспособность, знания инжиниринга, администрирования и производства.

В современном мире происходит процесс укрупнения специализаций и получения других специальностей, а по окончании ВУЗа это даст студенту возможность иметь больше шансов найти интересную и высокооплачиваемую работу.

В образовании нет долгосрочных тенденций, поэтому следовать «догоняющей» схеме не всегда разумно. Нужно искать тенденции развития и максимально четко и максимально гибко им следовать. Необходимо творчески осмысливать задачи и находить нестандартные решения.

Для того, чтобы будущий специалист был востребован, он должен еще иметь широкую мировоззренческую, фундаментальную подготовку, которая необходима ему для работы в потоке непрерывной информации, для чего необходимо на протяжении всей жизни постоянно учиться, а при необходимости переключаться на работу в смежных областях своей профессии. Это возможно при наличии стимула к творчеству, поиску нового.

Такой специалист нужен стране в XXI веке. Нужен новый образовательный стандарт, ориентированный на конкурентную среду, обеспечение максимального объема компетенций специалиста и постоянное послевузовское образование.

*(Статья опубликована в «Известиях высших учебных заведений. Горном журнале», № 6, 2009 г. и в журнале «Горный вестник Узбекистана», № 1, 2010 г.)*

## ҚАЗИЛМА КОНЛАРИГА БОЙ «ЛАНГАР ШАХРИ»

Мадатов Б.А., НДКИ талаба

*В статье рассмотрены пути восстановления добычи полезных ископаемых на месторождении Лангар Хатирчинского района Навоийской области, где имеются возможности создания дополнительных рабочих мест, строительства парков отдыха и санаториев.*

*Ключевые слова: восстановление добычи, полезные ископаемые, возможность, создания, строительства парков отдыха и санаториев.*

*Ways of recovery of mining operations in Langar deposit of Khatirchi district, Navoi region, are considered in the present article. There are opportunities of providing additional employment and constructing recreational parks and holiday centers.*

*Key words: recovery of mining operations, opportunities of providing employment, construction of recreational parks and holiday centers.*

Улкан мудофа иншоатига ўхшаб, Оқтоғ яни Лангар тоғи Зарафшон водийсини, Хатирчи туманини ва Нурота туманининг бутун ўрта қисмини тўсиб туради. Оқтоғ – Навоий вилоятининг энг юқори нуктасидир. Бу ерда Лангар ва унинг атрофлари геология-маъданшунослик кўриқхонаси бўлиб, Оқтоғ тизмаси-бу бизнинг «кичик Уралмиз» дир. Ўзининг ер ости бойликлари билан энг қадим замонлардан буён у маҳаллий хунармандчилик, саноат ва кон ишларининг ривожланишига ёрдам берди. Энг янги тарихда Оқтоғ, айниқса ўзининг кон ва қайта ишлаш корхоналари мажмуаси билан «булут орти шахарчаси» Лангар замонавий индустрия билан бевосита алоқадор. Лангар тоғ тизмаси юқори нукта-сидан қаралганда булутлар худди оёғининг остида тургандек, туман устида учиб кетаётгандек ҳис этади.

Узоқ қадим замонлардан буён ушбу тоғлар кишиларни меҳнат қуроллари, тақинчоқлар ва бошқа буюмларни тайёрлаш учун зарур бўлган конлар ҳамда кун кечирини манзили сифатида қизиқтирган. Бу ерда тош давридан бошлаб инсон кон ишларини олиб борган. Бу ерда гранит, ферула, молибден, кварц, дала шпати, слюда ва бошқа кўп маъданлар учрайди.

Ўзбекистон, унинг халқи ва собиқ Совет халқлари учун жуда оғир машаққатли бўлган 1941-1945 йиллари Лангар муҳим рол ўйнади. Мутлақо мураккаб шароитларда Лангар кончилари ўзларининг бутун куч ғайратларини молибден ва вольфрам қазиб олиш ва узлуксиз топширишга, ҳарбий саноатга сафарбар қилдилар. Ушбу нодир металлларсиз ҳозиргача ҳеч ким ундан ҳам юқори сифатли тайёрлай олмаган, Т-34 танкларининг зирхини тешилмайдиган қилиб яшаш мумкин эмас. Уларсиз кўп макталган “тигр” ва “фердинанд” ларни худди шляпаларнинг картон қутилари каби илма-тешиқ қилиб ўтадиган калибр снарядларини яшашни тасаввур қилиш мумкин эмас.

Лангар кончиларининг меҳнати жуда машаққатли эди. Нафақат у замондаги меҳнат, ҳаёт шароитлари туфайли, бу ердаги рудада молибден ва вольфрам таркиби жуда паст эди. Шу боисдан бўлса керак юқорида эслаб ўтилган снарядларни артеллериячилар «олтин» деб аташган. Урушдан кейин бу маъданлар халқимиз фаравонлиги ва юртимиз осойишталиги, иқтисодиётимиз юксалиши учун хизмат қилмоқда. Навоий вилояти Хатирчи туманида жойлашган Лангар кўрғони яни Лангар шахарчасида тахминга кўра 50-60 йилга етадиган гранит, ферула, молибден, кварц, дала шпати, слюда ва бошқа кўп маъданлар айниқса молибден ва вольфрам кон бойликларимиз заҳира сифатида сақланмоқда.

Одамларни ўзига тортадиган табиат манзараси, жилвакор ҳусни билан мусаффо хавоси, муздек булоқ сувлари, халқининг эса меҳнаткаш ва меҳмондўстлиги ҳайратда қолдиради. Асосан бу жойларда деҳқончилик ва чорвачилик билан шуғулланади, ўзининг баланд виқори билан, айниқса Лангар тоғининг юқори чўққисидан жойлашган телеминора кўрган одамни ҳайратда қолдиради. Шунинг учун ҳам бу ерда барча имкониятлар борлиги сабабли фойдали кон қазилмаларини қазиб олишни қайтадан йўлга қўйиш, бу ерда турли ҳил истироҳат боғлари, дам олиш оромгоҳлари, саёҳат масканлари бинолар курсак вилоятимизнинг энг кўзга кўринарли жойлардан бирига айланади деб ўйлайман. Шунини тақидлаб ўтиш жоизки Лангар кўрғони тоғ тизмасида жойлашганлиги сабабли бу ерда иссиқ кунлари дам олиш учун ажойиб маскан эканлигини таъкидлаб ўтмоқчиман. Меҳнаткаш халқингга, битмас-туганмас хазиналарингга, бетакрор табиатингга кўз тегмасин жонажон юртим-Ўзбекистоним!

## РАКИШЕВ БАЯН РАКИШЕВИЧ (к 80 - летию со дня рождения)

15 марта 2014 г. крупному ученому в области горных наук, высококлассному педагогу, опытному организатору высшей школы и науки Баяну Ракишевичу Ракишеву исполняется 80 лет со дня рождения.

Б.Р. Ракишев после окончания Казахского горно-металлургического института с 1957 по 1965 г. работал на Коунрадском руднике Балхашского горно-металлургического комбината в должностях начальника смены, цеха и карьера.

В 1964 г. он без отрыва от производства успешно защитил кандидатскую диссертацию. В 1965 г. Б.Р. Ракишев был приглашен в Казахский политехнический институт, где прошел путь от старшего преподавателя до ректора.

Научная деятельность Б.Р. Ракишева связана с изучением физических и технологических процессов горного производства, с развитием теорий разрушения массива горных пород и открытой разработки полезных ископаемых. По результатам этих фундаментальных и прикладных исследований Б.Р. Ракишев в 1978 г. в Московском горном институте защитил докторскую диссертацию. Большую поддержку ему оказал выдающийся ученый XX века академик В.В. Ржевский. В 1979 г. Б.Р. Ракишев утвержден в ученой степени доктора технических наук, в 1981 г. - в ученном звании профессора, в 1983 г. избран член-корреспондентом АН Казахстана.

В 1980-1993 гг. под руководством Б.Р. Ракишева проводились фундаментальные и прикладные исследования в области разрушения горных пород нетрадиционными способами. На их основе созданы оригинальные конструкции машин, технические средства и прогрессивные технологии безвзрывной добычи блоков строительных горных пород, проходки шелевых выработок в скальном массиве и скважин в специфических условиях.

С 1994 г. по настоящее время Б.Р. Ракишев является научным руководителем проектов по государственным научно-техническим программам в области горных наук. В рамках этих программ им сформулированы стратегические задачи рационального освоения недр и комплексного использования твердых полезных ископаемых, обоснованы системы их обеспечения; разработаны принципы математического моделирования месторождений; предложена новая типизация сложноструктурных блоков, установлены их горно-геологические, технологические характеристики в массиве и развале пород. На основе учета



баланса запасов при переходе полезных ископаемых из одного состояния в другое предложен метод оценки полезного использования минерального сырья при добыче и переработке. Предложены аналитические зависимости для определения основных показателей обогащения минерального сырья. Сформулированы аргументированные определения основных понятий геотехнологии, предложены новые классификации систем открытой разработки и технологических комплексов ОГР. Теоретически обоснованы элементы, основные параметры и показатели систем открытой разработки.

Б.Р. Ракишев в 1996 г. избран академиком Народной академии Казахстана «Экология», в 1998 г. - академиком Академии горных наук РФ, Международной академии наук и искусств, в 2002 г. - академиком НАН ВШ РК. С 2003 г. он действительный член (академик) НАН РК.

Б.Р. Ракишев имеет более 600 опубликованных работ, в том числе, 17 монографий и 8 учебников и учебных пособий, 32 авторских свидетельства и патента на изобретения, более 70 публикаций в дальнем зарубежье, подготовил 9 докторов, 30 кандидатов и 5 магистров технических наук.

Б.Р. Ракишев ведет активную научно-организационную работу, являясь членом постоянно действующих оргкомитетов международных научных симпозиумов, вице-президентом ОО «Союз Ученых», членом президиума национального комитета по механике РК, членом бюро отделения наук о Земле НАН РК, ассоциированным членом Научного совета по проблемам горных наук РАН, УМО горных вузов МОН РФ, членом редколлегий ряда научных журналов РФ, РК и Украины.

За заслуги в области научной, педагогической и организационной деятельности Б.Р. Ракишев имеет многочисленные награды, он лауреат нескольких премий, удостоен звания «Заслуженный деятель РК», двухкратный обладатель государственного гранта «Лучший преподаватель высшей школы РК» и «Золотого Гефеста» в номинации «Ученый-педагог 2013 г.» горно-металлургического комплекса РК.

*Поздравляя Баяна Ракишевича Ракишева с юбилеем, горно-техническая общественность Узбекистана желает ему здоровья, личного и семейного счастья, благополучия, неиссякаемой бодрости и энергии, новых творческих успехов и долгих лет активной трудовой деятельности!*