

www.rudmet.ru

ISSN 0017-2278

# ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

Издается с 1825 года

2.2010

БОЛЕЕ 60 ЛЕТ НАШИ ЭКСПЕРТЫ НАХОДЯТ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ  
ДЛЯ КАЖДОГО ПРОЕКТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ



vbn

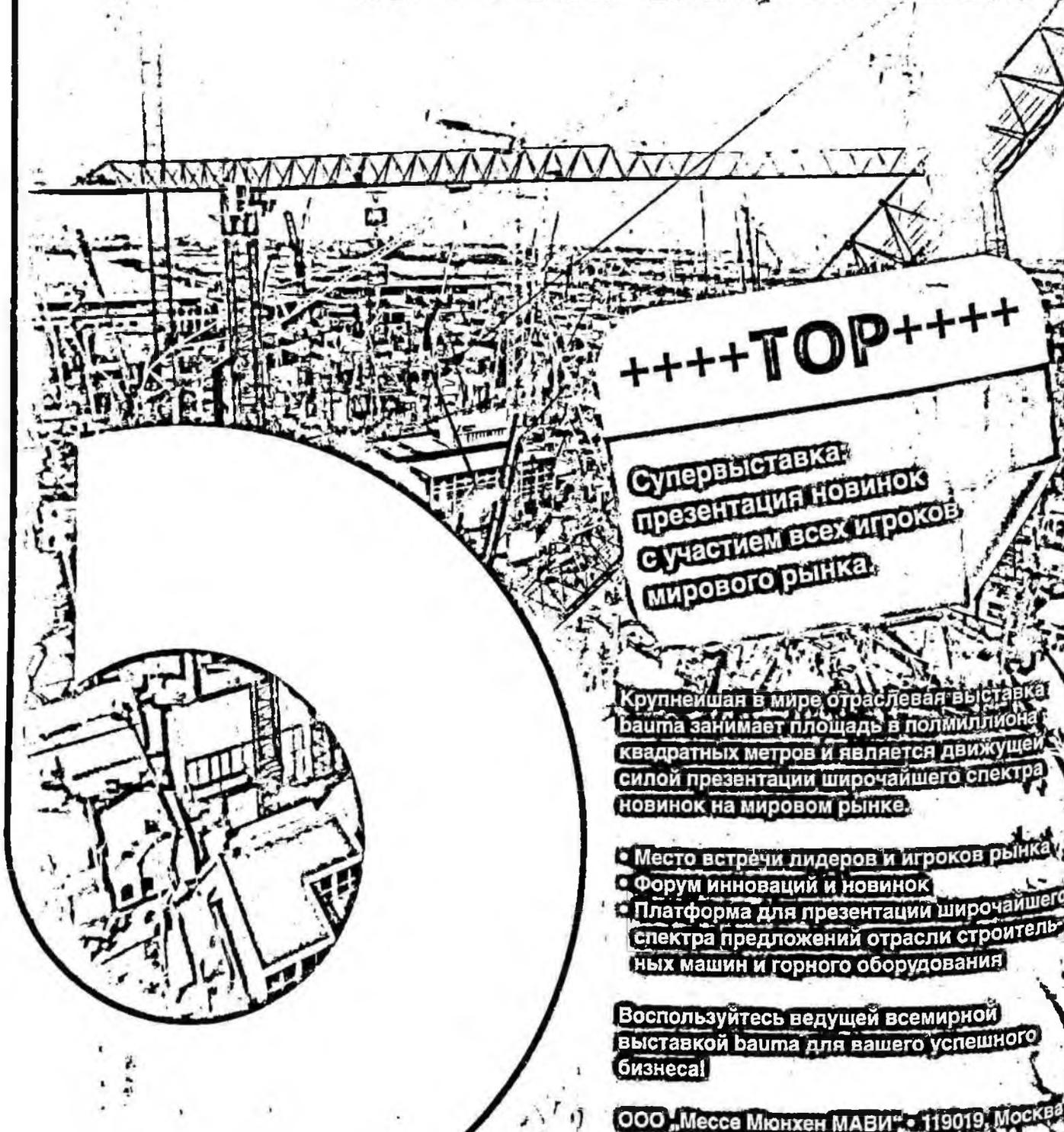
МЫ ГОВОРИМ  
НА ОДНОМ ЯЗЫКЕ

WWW.VBM.RU

THE PEAK OF EXCELLENCE

# Bauma 2010

19 - 25 АПРЕЛЯ, МЮНХЕН



**++++ТОР++++**

**Супервыставка:  
презентация новинок  
с участием всех игроков  
мирового рынка.**

**Крупнейшая в мире отраслевая выставка  
Bauma занимает площадь в полмиллиона  
квадратных метров и является движущей  
силой презентации широчайшего спектра  
новинок на мировом рынке.**

- Место встречи лидеров и игроков рынка
- Форум инноваций и новинок
- Платформа для презентации широчайшего спектра предложений отрасли строительных машин и горного оборудования

**Воспользуйтесь ведущей всемирной  
выставкой Bauma для вашего успешного  
бизнеса!**



**Основан в 1825 году**

при Горном кадетском корпусе  
(ныне Санкт-Петербургский государственный горный институт)

**Ежемесячный научно-технический  
и производственный журнал**

**УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА:**

АК «АЛРОСА», ОАО «Апатит», ОАО «НПК «Механобр-техника»,  
Московский государственный горный университет, Российский государственный  
геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе,  
Издательский дом «Руда и Металлы»

Председатель правления «Горного журнала» Л. А. Вайсберг

**РЕДАКЦИЯ:**

главный редактор Л. А. Пучков,  
заместитель главного редактора А. Г. Воробьев,  
консультант по горному делу С. А. Ильин,  
ответственный секретарь О. В. Федина,  
ведущие редакторы: Л. Е. Костина, О. С. Мякота,  
редакторы: Е. А. Мякота, Е. В. Плотникова,  
менеджер по рекламе Н. И. Колыхалова,  
менеджер по производству и распространению М. А. Уколов,  
специалист по компьютерной графике К. Л. Осина

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Экспертная группа редколлегии:**

В. М. Авдохин, В. Ж. Аренс, Л. А. Вайсберг, Л. Д. Гагут, С. А. Гончаров, Ю. К. Дюдин,  
И. В. Зырянов, В. В. Истомин, Н. О. Каледина (руководитель секции «Охрана труда и  
окружающей среды»), Д. Р. Каплунов (руководитель секции «Разработка месторождений  
и горно-строительные работы»), М. Б. Качеянц, Е. А. Козловский (руководитель секции  
«Сырьевая база»), А. В. Корчак, Е. А. Котенко, Б. Н. Кутузов, В. Г. Лернер,  
В. С. Литвиненко, А. Б. Макаров, Ю. Н. Малышев, Н. Н. Мельников, О. С. Мякота,  
М. Е. Певзнер (руководитель секции «Экономика, управление, недропользование»),  
В. Л. Петров, Г. Г. Пивняк, А. И. Перепелицын, Л. А. Пучков, В. В. Рудаков,  
О. Б. Синельников, Б. И. Смирнов, А. И. Сухорученков, К. Н. Трубецкой,  
В. А. Чантурия (руководитель секции «Переработка и комплексное использование  
полезных ископаемых»), Е. Е. Шешко (руководитель секции «Горное оборудование,  
электроснабжение и автоматизация»), М. И. Щадов, Т. И. Юшина

**Аналитическая группа редколлегии:**

В. И. Борщ-Компониец, А. П. Величко, В. И. Ганицкий, В. П. Грицаев,  
С. А. Ильин, С. Л. Иофин (руководитель группы), О. Н. Мальгин, В. Н. Мосинец,  
А. А. Новиков, М. Г. Седлов, Р. И. Семигин, Е. М. Титиевский

**Руководители представительств в странах СНГ и регионах:**

С. С. Арзуманян (Армения), А. М. Бабец (КМА, Россия), Н. И. Дядечкин (Кривбасс,  
Украина), А. В. Зберовский (Донецко-Приднепровский регион, Украина),  
Азим Иброхим (Таджикистан), Ю. Ф. Ильинский (Молдова),  
В. М. Кириенко (Белоруссия), К. З. Курманалиев (Кыргызстан)  
Ю. А. Мамаев (Дальневосточный регион, Россия), О. А. Одеков (Туркменистан),  
М. В. Рыльникова (Южный Урал, Россия), И. Б. Табакман (Канада),  
А. Г. Твалчрелидзе (Грузия), Ф. Уолл (Великобритания),  
А. Ф. Цеховой (Казахстан), П. А. Шеметов (Кызылкумский регион, Узбекистан),  
М. Эрикссон (Швеция) В. Л. Яковлев (Средний и Полярный Урал, Россия)

**Адрес редакции:**

119049, Москва, ГСП-1, Ленинский просп., 6, МГГУ, комн. Г-550, Г-556, Г-557.  
Тел/факс: 236-97-48; 236-97-18.  
E-mail: gornjournal@rudmet.ru; интернет: www.rudmet.ru

Подписано в печать с оригинала-макета 24.02.10. Формат 60x90/8. Печ. л. 12.  
Печать офсетная. Бумага мелованная.

Журнал зарегистрирован в Минпечати РФ (Свидетельство ПИ № ФС77-34804 от 23.12.2008 г.).

Отпечатано в типографии ООО «Стрит-Принт», г. Москва, тел.: (495) 510-53-44

© Оформление. ЗАО «Издательский дом «Руда и Металлы», «Горный журнал», 2010

Материалы, отмеченные (Р), публикуются на правах рекламы

Перепечатка материалов возможна только с письменного разрешения редакции.

При перепечатке ссылка на «Горный журнал» обязательна.

Товарный знак и название «Горный журнал» являются исключительной

**Базовый печатный орган  
Межправительственного совета  
стран СНГ по разведке,  
использованию и охране недр**

при содействии НП «Горнопромышленники России»,  
при участии: ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель»,  
ГП «Новоийский ГМК»,  
УРАН ИПКОН РАН,  
ФГУП «ЦНИГРИ»,  
Национального горного университета Украины,  
Государственного Эрмитажа



Подписные индексы:  
в каталоге агентства «Роспечать» – 73075  
в объединенном каталоге «Пресса России» – 45343

ISSN 0017-2278



**NGMK TECHNIK  
KUTUBXONASI**

sonli buyum

9 770017 227004 >

## ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ

ФГУП «ЦНИГРИ» — 75 лет

*Мигачёв И. Ф.* ЦНИГРИ — 75 лет:  
итоги научно-производственной деятельности ..... 4

*Беневольский Б. И., Вартамян С. С., Кривцов А. И.*  
Прогнозные ресурсы и стадийность геологоразведочных  
работ на металлические и неметаллические полезные  
ископаемые ..... 6

*Мигачев И. Ф., Волчков А. Г., Ручкин Г. В.* Прогноз,  
поиск и оценка месторождений твердых полезных  
ископаемых на основе комплексных моделей ..... 10

*Карпенко И. А., Петраш Н. Г.* Современная оценка  
рыночной стоимости золоторудного месторождения  
Сухой Лог ..... 14

*Седельникова Г. В., Романчук А. И.* Переработка руд  
благородных и цветных металлов с применением  
инновационных технологий ..... 18

### ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРОИЗВОДСТВА СЫРЬЕВАЯ БАЗА

*Иванов Д. Н.* Новая модель образования рудоподводящего  
канала и ее возможности для расширения  
минерально-сырьевой базы урана и других металлов ... 23

*Бархатов А. В., Щипцов В. В., Анисимов А. М.*  
Современное состояние и перспективы освоения  
месторождений талькового камня и талька в Карелии ... 26

### РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Кисляков В. Е., Никитин А. В.* Подготовка глинистых  
песков россыпных месторождений к дезинтеграции  
управляемым водонасыщением ..... 28

*Бадтиев Б. П.* Новые виды крепи горных выработок  
для рудников Норильского ГМК ..... 30

*Стенин Ю. В., Ильбульдин Д. Х.* Рациональные  
параметры автотранспортных берм карьеров ..... 33

### БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

*Бибик И. П., Ивановский Д. С.* Исследование  
технологии массовых взрывов на сброс вскрышных  
пород в отработанное пространство в карьере «Ташкура» ... 36

*Кутузов Б. Н., Беляев А. Г., Пасынков В. И.,  
Разуменко В. Н.* ООО «Азот-Черниговец»: новые  
тенденции совершенствования комплекса буровзрывных  
работ для горных предприятий Кузбасса ..... 40

### ПЕРЕРАБОТКА И КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

*Кирнарский А. С.* Принцип однофункциональности  
разделительных процессов при обогащении полезных  
ископаемых ..... 44

*Зеленова И. М.* Выделение тонкоизмельченных  
слабомагнитных минералов в магнитном поле низкой  
напряженности ..... 46

*Дюдин Ю. К., Тарасов Г. С., Руднев Б. П.* Комплексная  
переработка огарков и пиритных концентратов ..... 49

### ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

*Бурыкин С. И.* Нанотехнологиям в горном деле —  
повышенное внимание ..... 51

*Брыляков Ю. Е., Кострова М. А.* Внедрение колонных  
флотомашин для обогащения апатит-нефелиновых руд ... 52

*Самозадов А. В., Паладеева Н. И.* Стратегия  
производства новой линейки карьерных экскаваторов  
ООО «ИЗ-КАРТЭК» ..... 55

*Региня В. В., Мытько А. Н., Кучик А. С.*  
Гидромеханическая передача для карьерного самосвала  
грузоподъемностью 90 т ..... 59

*Санакулов Р. Б., Аблаев И. Ш.* Опыт промышленный  
эксперимент по использованию газодизельной смеси  
на большегрузных карьерных самосвалах ..... 61

*Петров Н. Н., Козырев А. С., Колмаков А. А.*  
Критерии и методика выбора вентиляторов главного  
проветривания шахт ..... 63

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, АВТОМАТИЗАЦИЯ

*Горбачев М. В., Яблочкин Ю. В.* Повышение надежности  
внешнего электроснабжения подземных рудников ..... 67

### ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

*Лютин М. А., Целищев Ю. И., Воронин А. Б.* Анализ  
результатов аудита системы управления охраной труда  
и промышленной безопасностью в ОАО «Апатит» ..... 71

### ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Калабин Г. В., Евдокимова Г. А., Горный В. И.*  
Оценка динамики растительного покрова нарушенных  
территорий в процессе снижения воздействия комбината  
«Североникель» на окружающую среду ..... 74

*Мамаев Ю. А., Крупская Л. Т., Озарян Ю. А.*  
К вопросу об экологических проблемах  
освоения месторождений строительного сырья ..... 78

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

*Хлусов А. Е.* Метод расчета параметров анкерного  
закрепления слоистой кровли горных выработок ..... 80

### ЗА РУБЕЖОМ

*Семиколенных А. А.* Промышленный опыт  
рекультивации карьеров в Германии ..... 82

### ИСТОРИЯ ГОРНОГО ДЕЛА. КУЛЬТУРА

*Афанасьев В. Г., Белоглазов И. Н.* Фрайбергская  
горная академия и развитие горного дела в России —  
три века делового содружества ..... 85

### ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

#### НАШИ ЮБИЛЯРЫ

*Евгений Александрович Котенко*  
(к 80-летию со дня рождения) ..... 70

*Юрий Васильевич Демидов*  
(к 75-летию со дня рождения) ..... 73

### ХРОНИКА

*Азим Иброхим.* XIII сессия Межправительственного  
совета стран СНГ по разведке, использованию  
и охране недр ..... 81

VI конференция Raw Materials Group в г. Стокгольме ..... 62

Петербуржскому институту «Механобр» — 90 лет ..... 73

### НОВАЯ ЛИТЕРАТУРА

*Зырянов И. В.* О книге Н. И. Кобылкина  
«Русско-английский / Англо-русский геотехнический  
диверсификационный словарь по алмазной  
промышленности» ..... 48

### РЕКЛАМА

**На обложке:**  
ОАО «ВБМ-групп»,  
«BAUMA 2010» — Международная отраслевая выставка,  
«Stonetech 2010» — 17-я международная выставка  
по оборудованию и технологиям обработки камня и изделий из него,  
ООО «Сандвик Майнинг энд Констракшн»

**На цветных вкладках:**  
ООО «Веир Минералз РФЗ», ОАО «ВБМ-групп»,  
Фирма «Rohr Bagger GmbH», ООО «Инжиниринг комплект»,  
ЗАО «Машиностроительный холдинг»

Содержание на английском языке  
Content in English ..... 3

Журнал по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук» по разработке месторождений твердых полезных ископаемых, экономике, энергетике

**MONTHLY SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL**

The basic edition of the Intergovernmental council of CIS countries in exploration, usage and protection of the earth bowels

**Founders:** «ALROSA» jsc, «Apatit» jsc, «Mekhanobr-Technica» jsc, Moscow state mining university, Moscow state exploration university named after Sergo Ordzhonikidze, «Ore and Metals» Publishing house

With assistance of «Gornopromyshlenniki Rossii» non-commercial partnership

With participation of Zapolyarny (Transpolar) affiliate of «Norilsk Nickel»

mining and metallurgical company, State enterprise Navoi mining and metallurgical works,

URAN IPKON RAN, FGUP «TsNIGRI», National mining university of Ukraine, State Hermitage museum

Chairman of the managing board: **Leonid Vaisberg**

Editor-in-Chief: **Lev Puchkov**

Deputy Editor-in-Chief: **Alexander Vorobiev**

Mining consultant: **Sergey Il'yin**

Responsible Secretary: **Oxana Fedina**

Leading editors: **Lyudmila Kostina, Oleg Myakota**

Editors: **Ekaterina Myakota, Elena Plotnikova,**

Advertising manager: **Natalia Kolykhalova**

Production manager: **Maxim Ukolov**

Computer make-up: **Xenia Osina**

*The journal has been published since 1825 at Mining military school (at present time St. Petersburg state mining institute – technical university)*

*Publisher: «Ore and Metals» publishing house*

*Phone/fax: +7-495-638-4518*

*E-mail: rim@rudmet.ru*

**Actual address:** Moscow, Leninsky prospekt 6, office G-550

**Mailing address:** Russia, 119049, Moscow, P.O. Box # 71

**Phone/fax:** +7-495-236-9748, +7-495-236-9728

**E-mail:** gornjournal@rudmet.ru

**Internet:** www.rudmet.ru

Printed in "Street-Print" printing house (Russia, 115114, Moscow, Derbenevskaya st., 20, bld. 2)

**FROM THE OPERATIONAL EXPERIENCE**

**OF THE MINING COMPANIES AND THE ORGANIZATIONS**

**Migachyov I. F.** 75 years of TSINIGRI: results of scientific and production activity ..... 4

**Benevolskii. B. I., Vartanyan S. S., Krivtsov A. I.** Predicted resources and stadiality of geological explorations on metal and nonmetallic minerals ..... 6

**Migachyov I. F., Volchok A. G., Ruchkin G. V.** The forecast, search and deposit evaluation of solid minerals on the basis of complex models ..... 10

**Karpenko I. A., Petrash N. G.** Modern estimation of marketable cost of gold ore deposits the Suhoi Log ..... 14

**Sedelnikova G. V., Romanchuk A. I.** Processing of ores of precious and non-ferrous metals with application of innovative technologies ..... 18

**THE THEORY AND PRACTICE OF PRODUCTION**

**RAW -MATERIAL BASE**

**Ivanov D. N.** Late model of the channel-way and its possibility for expansion of mineral-raw-material base of uranium and other metals ..... 23

**Barhatov A. V., Shchiptsov V. V., Anisimov A. M.** Current state and prospects of deposit development of soapstone and talc in Kareliya ..... 26

**DEVELOPMENT OF DEPOSITS**

**Kislyakov V. E., Nikitin A. V.** Preparation of loam sand of placer deposits to scrubbing by observation water saturation ..... 28

**Badtiev B. P.** New kinds of mine working support for mines of MMC "Norilsk Nickel" ..... 30

**Stenin Yu. V., Ilbuldin D. H.** Rational parameters of auto haulage benches of open-cast mines ..... 33

**DRILLING AND BLASTING OPERATIONS**

**Bibik I. P., Ivanovskii D. S.** Researches of technology of bulk blasts realization at mine "Tashkura" ..... 36

**Kutuzov. B. N., Belyaev A. G., Pasyukov V. I., Razumenko V. N.** LLC "Azot-Chernigovets": new developments of improvement of drilling and blasting complex or the mining enterprises of Kuzbass ..... 40

**PROCESSING AND COMPLEX USE**

**OF MINERAL RAW MATERIALS**

**Kirnariskii A. S.** Principle of monofunctionality of separating processes at enrichment of mineral dressing ..... 44

**Zelenova I. M.** Allocation of finely ground weakly magnetic minerals in a magnetic field of low intensity ..... 46

**Dyudin Yu. K., Tarasov G. S., Rudnev B. P.** Complex processing of cinder and pyritic concentrates ..... 49

**THE EQUIPMENT AND MATERIALS**

**Burykin S. I.** Nanotechnology in mining deserve high attention ..... 51

**Brylyakov Yu. E., Kostrova M. A.** Introduction of quarter-circle flotation machines for preparation of apatite-nefeline ores ..... 52

**Samolazov A. V., Paladeeva N. I.** Production strategy of a new range of dump trucks of LLC "IZ-KARTEX" ..... 55

**Reginya V. V., Myt'ko A. N., Kuchik A. S.** Hydromechanical transmission for a open-cast dump truck with lading capacity of 90 tons ..... 59

**Sanakulov R. B., Ablaev I. Sh.** Pilot experiment on use of gas diesel mixes on heavy-duty mine dump rucks ..... 61

**Petrov N. N., Kozyrev A. S., Kolmakov A. A.** Criteria and technique of a choice of main mine fan ..... 63

**POWER ENGINEERING AND AUTOMATION**

**Gorbachev M. V., Jablochkin Yu. V.** Reliability growth of an outer electrical supply of underground mines ..... 67

**INDUSTRIAL SAFETY AND LABOUR PROTECTION**

**Lyutin M. A., Tselishchev Yu. I., Voronin A. B.** The analysis of results of audit of management system of labour protection and industrial safety at JSC "Apatite" ..... 71

**ENVIRONMENT PROTECTION**

**Kalabin G. V., Evdokimova G. A., Gornyi V. I.** Estimation of dynamics of grows of derelict lands in process of deleterious effect decrease of OJSC "Severonickel Combine" on environment ..... 74

**Mamaev Yu. A., Krupskaya L. T., Ozaryan Yu. A.** To a question of ecological problems of opening of building raw materials deposits ..... 78

**SHORT INFORMATION**

**Hlusov A. E.** Method of calculation of parameters of bedded roof bolting of mine workings ..... 80

**ABROAD**

**Semikolennyh A. A.** Industrial experience of recultivation of pits in Germany ..... 82

**HISTORY OF MINING. CULTURE**

**Afanasiev V. G., Beloglazov I. N.** Freiberg mining academy and mining development in Russia — three centuries of business community ..... 85



УДК 061.62:550.8

И. Ф. МИГАЧЁВ (ФГУП «ЦНИГРИ»)

## ЦНИГРИ — 75 лет: ИТОГИ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



И. Ф. МИГАЧЁВ,  
директор, д-р геол.-минерал. наук

*Рассказано о деятельности ФГУП «ЦНИГРИ» — одного из ведущих институтов Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, осуществляющего научно-методическое сопровождение геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые.*

*Ключевые слова: научно-методическое обеспечение, геологоразведочные работы, научные школы, научные кадры.*

Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ) основан в марте 1935 г. на правах отдела треста «Золоторазведка». В январе 1936 г. он был выделен в самостоятельную хозяйственную единицу — НИГРИзолото в качестве базовой научной организации, обеспечивающей выполнение планов по добыче золота в стране. Позднее НИГРИзолото был преобразован в специализированный комплексный научно-исследовательский геологоразведочный институт. Основные направления деятельности института — научно-методическое обеспечение прогноза, поиска, оценки, разведки месторождений благородных, цветных металлов и алмазов, разработка геофизических методов и аппаратуры для поиска и разведки, техники и технологий горно-разведочных и буровых работ, технологий обогащения и методов анализа руд. Комплексные исследования по этим направлениям проводились во всех союзных республиках. Научно-производственные базы института — филиалы, экспедиции, отделения и партии — располагались в Москве, Чите, Тырныаузе, Туле, Баку, Мирном, Семипалатинске, Заврашане, Магадане, Архангельске,

В различные годы институтом руководили Н. Н. Горностаев (1935–1936 гг.), Ю. К. Краукле (1936–1938 гг.), О. А. Дубровский (1938–1940 гг.), Г. К. Славин (1940–1944 гг.), Я. Н. Спиваков (1944–1951 гг.), Е. А. Савари (1951–1964, 1971–1972 гг.), И. С. Рожков (1964–1971 гг.), П. Ф. Иванкин (1972–1980 гг.), В. А. Нарсеев (1980–1988 гг.).

В 1972 г. постановлением ГКНТ СССР ЦНИГРИ был определен головной организацией Мингео СССР. К 1980-м годам в ЦНИГРИ сформировались и эффективно развивались научные школы по следующим направлениям:

прикладная металлогения, модели рудообразующих систем и месторождений;

прогнозирование, поиск и оценка месторождений благородных и цветных металлов;

прогнозирование, поиск и оценка месторождений алмазов;

экзогенная золотоносность;

методика разведки, подсчет запасов и геолого-экономическая оценка месторождений;

генетическая и прикладная минералогия;

аналитические исследования пород и руд, обогащение и переработка минерального сырья;  
разработка геофизических методов и аппаратуры;  
техника и технология геологоразведочных и буровых работ, охрана труда.

Научными школами интенсивно развивались опережающие научные исследования условий образования и закономерностей размещения месторождений алмазов, благородных и цветных металлов; созданы научные основы, методы, технологии и технические средства для проведения геологоразведочных работ и оценки месторождений; разработаны модели рудообразующих систем, модели месторождений алмазов, благородных и цветных металлов, комплексного использования минерального сырья и др., а также Методические руководства по оценке прогнозных ресурсов золота, серебра, металлов платиновой группы, никеля, меди, свинца и цинка; реализованы геолого-генетические разработки в системе «прогноз — поиск — оценка» и прогрессивных технологиях геологоразведочных работ на основе создания прогнозно-поисковых комплексов. В последние годы вышли в свет 50 монографических изданий научно-методической и прикладной направленности.

За последние 30 лет в России и бывш. СССР выявлено более 460 месторождений золота, 307 — меди, 151 — свинца и цинка, 64 — серебра, из них при участии сотрудников ЦНИГРИ соответственно 360, 257, 103 и 52 месторождения.

С 2000 г. начато создание актуализированной системы управления развитием минерально-сырьевой базы на основе долгосрочных прогнозов минерально-сырьевого обеспечения экономики и национальной минерально-сырьевой безопасности, программно-целевых систем воспроизводства минерально-сырьевой базы, методов и методик оценки и переоценки прогнозных ресурсов.

В 2004 г. специалистами ЦНИГРИ была разработана Долгосрочная государственная программа изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья (2005–2010 гг. и до 2020 г.). По заданиям этой программы ЦНИГРИ координирует деятельность отраслевых научных и производственных организаций по



воспроизводству минерально-сырьевой базы 37 видов твердых полезных ископаемых, осуществляет научно-методическое обеспечение федеральных геологоразведочных работ и мониторинг недропользования. При этом рабочие группы института реализуют ранее созданные и новые методические подходы к научному опережению геологоразведочных работ.

Специалисты ЦНИГРИ выполняют работы по переоценке прогнозных ресурсов, геолого-экономической оценке месторождений стратегического значения, стоимостной оценке запасов и ресурсов, оценке состояния и прогнозу производства и потребления минерального сырья на ближнюю и дальнюю перспективу, обоснованию эффективных направлений геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые, обеспечивающие формирование годовых планов геологоразведочных работ Роснедра и сопровождение лицензионного недропользования.

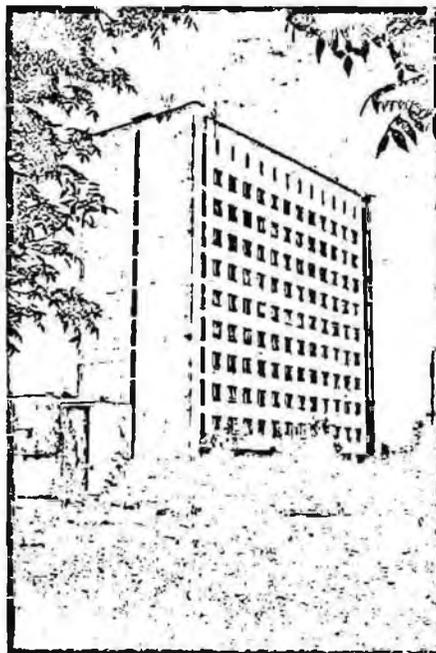
По госзаказам и в инициативном порядке ведущие сотрудники ЦНИГРИ разрабатывают инновационные технологии (в том числе нанотехнологии) для эффективного проведения геологоразведочных работ и повышения полноты извлечения и использования высоколиквидного минерального сырья месторождений новых и нетрадиционных типов, включая рудные скопления дна Мирового океана.

Разработки ЦНИГРИ обеспечивают реализацию Основ государственной политики в области минерального сырья и недропользования (2003 г.). С помощью созданной системы управления воспроизводством минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых осуществляется формирование информационных ресурсов с целью обеспечения национальной минерально-сырьевой безопасности России.

Результаты работ ЦНИГРИ получили высокое общественное признание. Так, работы «Экзогенная золотоносность и платиноносность Российской Федерации — комплект карт» (2001 г.), «Научное обоснование, создание и реализация системы прогноза и воспроизводства минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов Российской Федерации» (2007 г.) были удостоены премий Правительства Российской Федерации. Работа «Национальная минерально-сырьевая безопасность» удостоена премии им. А. Н. Косыгина и диплома Российского геологического общества (2001 г.).

За последние 15 лет 3 сотрудника были награждены орденами России; 15 сотрудников удостоены премий Правительства России, причем 5 из них — дважды; 20 сотрудникам присвоены звания «Почетный разведчик недр», 9 — «Заслуженный деятель науки» и «Заслуженный геолог России».

Уникальность и высокий уровень научно-методических разработок и их практическая направленность опре-



Здание ЦНИГРИ

деляют перспективы развития института. Созданная и постоянно совершенствуемая система организации выполнения научно-исследовательских и геологоразведочных работ, включающая научно-методическое обеспечение и внедрение рациональных методов и технологий, организационное и информационное сопровождение научно-исследовательских и геологоразведочных работ обеспечивает востребованность разработок института. Этому в значительной степени способствуют накопленные информационные ресурсы, интеллектуальный потенциал и комплексный характер исследований, которые служат гарантией эффективной деятельности коллектива ЦНИГРИ.

Институт обладает уникальными информационными ресурсами общей численностью более 200 тыс. единиц. В литфонде геологического музея собрано

4000 образцов пород, руд и минералов.

ЦНИГРИ — соучредитель журналов «Отечественная геология» и «Руды и металлы».

Значительное внимание уделяется и подготовке научных кадров высшей квалификации. С 1967 г. на диссертационных советах ФГУП «ЦНИГРИ» защищено 280 диссертаций, из них 45 докторских и 235 кандидатских.

В настоящее время численность института 410 человек, в том числе 21 доктор и 91 кандидат наук, 19 действительных Членов и членов-корреспондентов общественных академий наук.

В последние годы ЦНИГРИ принял участие в 31 международной и 17 российских выставках, где его экспозиции отмечены 25 дипломами и 15 медалями, а также в работе многочисленных международных форумов, научно-практических конференций, совещаний и т. д.

В настоящее время ФГУП «ЦНИГРИ» представляет собой комплексную научную организацию, успешно решающую актуальные прикладные проблемы геологии и металлогении и обеспечивающую научно-методическое сопровождение геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые. 

Мигачёв Игорь Федорович,  
e-mail: tsnigri@tsnigri.ru

#### 75 YEARS OF TSINIGRI: RESULTS OF SCIENTIFIC AND PRODUCTION ACTIVITY

Migachyov I. F.

The paper is about activity of FSUE TSINIGRI, it is one of leading institutes of the Ministry of natural resources and ecology of Russian Federation, providing scientifically-methodological support of geological explorations on solid minerals.

**Key words:** scientifically-methodological support, geological explorations, scientific schools, scientific brainpower.



УДК 553.044:550.812.002

Б. И. БЕНЕВОЛЬСКИЙ, С. С. ВАРТАНЯН, А. И. КРИВЦОВ (ФГУП «ЦНИГРИ»)

## ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ И СТАДИЙНОСТЬ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ



Б. И. БЕНЕВОЛЬСКИЙ,  
зав. отделом,  
д-р геол.-минерал. наук



С. С. ВАРТАНЯН,  
зам. директора,  
канд. геол.-минерал. наук



А. И. КРИВЦОВ,  
зам. директора,  
д-р геол.-минерал. наук

*Показана необходимость актуализации Положения о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям в связи с введением в действие обновленной Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Обоснованы основные цели и предложены приоритетные направления совершенствования стадийности работ в системе «прогнозные ресурсы — запасы».*

**Ключевые слова:** твердые полезные ископаемые, геологоразведочные работы, прогнозные ресурсы, классификация запасов.

Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых являются важнейшей составляющей минерально-сырьевой базы (МСБ) и представляют собой количественное выражение перспективности металлогенических таксонов разного ранга, составляя в сумме так называемую ресурсную базу — фонд текущего и будущего недропользования, подлежащий геологическому освоению для воспроизводства МСБ в целом, выявления новых запасов и получения их приростов.

Не имеющая прямых зарубежных аналогов система выявления, оценки и учета прогнозных ресурсов была введена в геологической службе СССР в начале 1980-х годов. Она включала проверку их достоверности территориальными научно-редакционными советами по завершённым проектам геологоразведочных работ (ГРП) и свод данных в годовые отчеты с накоплением их в профильных подразделениях центрального аппарата и головных научно-исследовательских институтов, которые раз в пять лет проводили переоценку прогнозных ресурсов с учетом изменившихся геолого-экономических факторов, с последующим утверждением их в Мингео СССР. В системе Минприроды (МНР) России последняя переоценка прогнозных ресурсов была проведена по состоянию на 01.01.2003 г.

В настоящее время легитимный регламент текущего учета и оценки (переоценки) прогнозных ресурсов отсутствует. По завершённым федеральным ГРП прогнозные ресурсы принимают одновременно со сдачей отчетов заказчику (Роснедра), а по внебюджетным работам их проверку проводят в единичных случаях по заявкам недропользователей.

Территориальные органы Роснедра вносят в годовые отчеты данные прогнозных ресурсов разной достоверности, включая ожидаемые и авторские оценки, которые, как показал опыт ведения мониторинга прогнозных ресурсов и анализа завершённых проектов ГРП, обычно завышаются.

Отечественная система выявления, оценки и учета прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, разделяемых на три категории —  $P_3$ ,  $P_2$ ,  $P_1$ , с ростом в этом ряду достоверности оценок и вероятности перевода прогнозных ресурсов в запасы, доказала свою необходимость и действенность при определении и корректировке направлений работ и затрат на воспроизводство МСБ. Важно отметить, что в соответствии с основополагающими принципами достижения искомого результата — последовательного приближения и соответствия в ходе ГРП (стадийность) при

его вероятностном характере, выражаемом уровнями рисков, российские категории, в отличие от других, достаточно жестко привязаны к пространственным металлогеническим (минерагеническим) таксонам разных рангов, которые по площадям отличаются друг от друга по крайней мере на порядок. В наиболее общем случае прогнозные ресурсы категории  $P_3$  эквивалентны потенциальной рудоносности металлогенических зон,  $P_2$  — рудных районов,  $P_1$  — перспективных участков (ожидаемых месторождений). К сожалению, реформирование отечественной геологической отрасли с созданием системы коммерческого недропользования, а также возникновением информационного пробела между геологическими поколениями привело к утрате в значительной степени адекватного понимания сущности ресурсной базы разных категорий. Так, в изданиях геологического профиля и ряде документов стали фигурировать арифметические суммы прогнозных ресурсов разных категорий, что недопустимо в силу принципиальных различий их достоверности, основанной на мнениях экспертов.

В соответствии с Законом «О недрах» МНР России утверждена (2006 г.) и с 01.01.2008 г. введена в действие новая Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (далее — Классификация), устанавливающая единые для некоммерческих и коммерческих организаций принципы классификации этих показателей ценности национальных недр. Однако в связи с ростом мировых цен и прогрессирующей мировой тенденцией к снижению содержаний в разрабатываемых рудах ряда полезных компонентов, а также позитивными примерами



подготовки к эксплуатации крупных золоторудных месторождений с относительно низкими содержаниями, она требует пересмотра массы ресурсной базы как утвержденной по состоянию на 01.01.2003 г., так и выявленной позднее. Это позволит получить более полную картину состояния отечественного ресурсного потенциала для современных экономических условий, возможностей воспроизводства МСБ и компенсации добычи приростами запасов, а также оптимизировать ценностные показатели недр.

Прогнозные ресурсы для разных полезных ископаемых существенно различаются по соотношению категорий, чем и определяется дифференцированная обеспеченность приростов запасов выявленными ресурсами. Однако поскольку в лицензионном недропользовании мерой эффективности затрат федерального бюджета на ГРП стали приросты прогнозных ресурсов, а разведка запасов стала исключительным правом бизнеса, назрела необходимость уточнения критериев классификации прогнозных ресурсов, так или иначе отражающих различия между ними. Но если в Классификации дефиниции запасов разных категорий прописаны вполне конкретно и соотнесены со степенью изученности оцененных и разведанных месторождений, то критерии отнесения прогнозных ресурсов к разным категориям сохранены в дореформенном формате и не вполне соответствуют современным целям и результатам на ранних, наиболее рискованных стадиях ГРП.

Например, прогнозные ресурсы категории  $P_1$ , по определению учитывающие лишь возможность расширения границ распространения полезного ископаемого за контуры запасов категории  $C_2$  или выявления новых рудных тел, фактически постепенно замещают запасы этой категории на оцениваемых месторождениях. В практике геологических служб ведущих горнодобывающих стран мира (США, Канада, Австралия) ресурсы рассматриваются скорее как запасы разной достоверности, т. е. как «прирезки» и «подвески» к запасам наиболее низких по достоверности категорий (в российской терминологии — к категории  $C_2$ ). В свое время ГКЗ СССР ввело «подвеску» блоков прогнозных ресурсов категории  $P_1$  к запасам категории  $C_2$  в обязательное правило, придав тем самым категории  $P_1$  статус условной категории  $C_2$ . Вследствие этого возникла иллюзия высокой минерально-сырьевой обеспеченности, хотя «подвески»  $P_1$  ниже глубин экономической обоснованной отработки месторождений априори определяли принадлежность таких прогнозных ресурсов к пассивным в силу их отдаленной доступности либо недоступности.

Классификационный критерий прогнозных ресурсов категории  $P_2$  определяет возможность обнаружения в рудном районе новых месторождений по результатам крупномасштабной съемки и поисковых работ, заверки геохимических и геофизических аномалий. Однако крупномасштабные геолого-съёмочные работы (1:50 000 и крупнее) и общие поиски этих масштабов фактически не проводятся.

Прогнозные ресурсы категории  $P_3$  наделены отличительным признаком потенциальной возможности открытия месторождения по результатам средне- и мелкомасштабных работ (1:200 000 — 1:1 000 000), дешифрирования космоснимков, интерпретации геохимических и геофизических исследований, что, как показывает практика, недостаточно для постановки поисковых работ и ведет к накоплению «инертной массы» прогнозных ресурсов категории  $P_3$  и части категории  $P_2$  низкой достоверности (рис. 1).

Таким образом, с введением обновленной Классификации возникает дисбаланс между запасами и прогнозными ресурсами, а также действующей стадийностью геологоразведочного процесса и его результатами. Для повышения эффективности ГРП на твердые полезные ископаемые в первую очередь на ранних и наиболее рискованных стадиях необходима актуализация Положения о проведении геологоразведочных работ по этапам и стадиям, последнее обновление которого было проведено в 1999 г. и при этом неадекватно новой Классификации, реалиям как федеральных, так и коммерческих ГРП, а также современному лицензионному недропользованию.

ЦНИГРИ в своих научных исследованиях неоднократно обращался к гносеологическим, методологическим и организационно-технологическим основам эффективности геологоразведочного процесса применительно к главным типам месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых. Полученные результаты свидетельствуют, что принципиальное значение имеет совершенствование технологий ГРП на основе создания прогнозно-поисковых комплексов (ППК), составляющих сущность системы «прогноз — поиск — оценка» (СППО). Эти разработки получили развитие в форме отраслевого нормативно-методического стандарта по обеспечению и сопровождению ГРП, включая конструкцию предельных нормативов их стоимости по видам и стадиям работ.

В ППК и СППО реализуются базовые положения системной организации геологоразведочного процесса — последовательного приближения от потенциальных рудоносных площадей (металлогенических зон) к локальным перспективным участкам и рудным телам, соответствия между рангом площадей, детальностью и комплексами используемых видов и методов работ. Оптимизация ГРП на каждой стадии процесса обеспечивается эквивалентностью

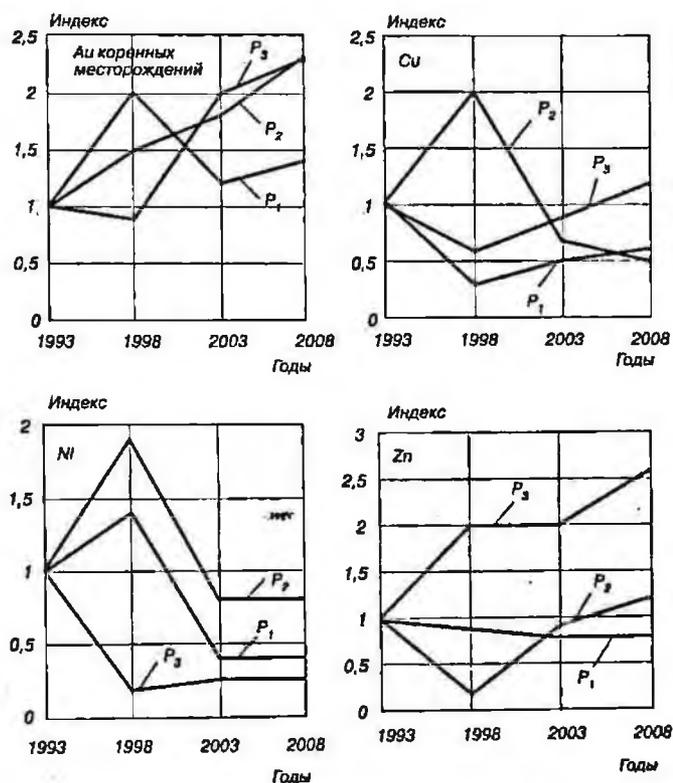


Рис. 1. Динамика состояния прогнозных ресурсов ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ) благородных и цветных металлов к уровню 1993 г.



разрешающих возможностей методов и установленных признаков металлогенических таксонов разного ранга. С ППК и СППО неразрывно связано создание прогнозно-поисковых моделей металлогенических таксонов, вплоть до месторождений, описания которых составляют методическое существо оценки прогнозных ресурсов.

Объективная необходимость моделирования рудных и нерудных месторождений определяется задачами создания обобщенных образов объектов прогноза, поисков и оценки с целью повышения эффективности и снижения уровней рисков ГРР на всех стадиях их проведения. Дальнейшее развитие этих идей нашло воплощение в разработках инновационных технологий геологоразведочного процесса XXI в. в работе ЦНИГРИ «Программно-целевая система прогноза и воспроизводства минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов», отмеченной премией Правительства России в 2008 г.

Стадийность геологоразведочного процесса всегда строилась в соответствии с рядом сопряженных пространственных разноранговых таксонов: прогноз и поиски рудных районов в металлогенических зонах → прогноз и поиск рудных полей в рудных районах → прогноз и поиск месторождений в рудном поле обнаружение рудных тел → оценка и разведка рудных тел месторождения. В согласии с этим рядом выстраиваются и категории прогнозных ресурсов и запасов: прогнозные ресурсы  $P_3 - P_2 - P_1$ ; запасы  $C_2 - C_1 - B$  (в различных пропорциях). Соответственно для достижения необходимой минерально-сырьевой результативности по воспроизводству МСБ ключевое значение имели общие специализированные поиски, детальные поиски и поисково-оценочные работы, которыми создавался «поисковый задел», а также обеспечивалось последующее, достаточно надежное распределение объектов по перспективности, очередности ГРР и возможному экономическому значению.

В результате проведенного реформирования стадийности ГРР в 1999 г. в поисковом этапе ликвидирована геологическая съемка и общие поиски масштаба 1:50 000 (1:25 000), а их место заняли собственно поисковые работы, границы которых значительно расширены по ожидаемым целям, видам и результатам при общем снижении детальности и поисковой нагрузки (см. таблицу).

В целом «Стадийность-99» и практика последних лет показали снижение поисковых возможностей ГРР для прогноза с целью воспроизводства МСБ и создания фонда недропользования. Поэтому еще в 2001 г. в оперативном порядке была сделана попытка введения в ранге подстадии нелегитимных прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ, фактически занявших «межстадийное» положение с избыточно широким диапазоном по ожидаемым результатам —  $P_3, P_2, P_1$  в первом случае;  $P_1, C_2$  и  $C_1$  — во втором.

В 2009 г. отраслевыми институтами был проведен анализ результатов завершенных в 2003–2008 гг. федеральных проектов ГРР по 32 видам полезных ископаемых (около 400 объектов). Результативность работ оценивали по количеству подготовленных к передаче и переданных в лицензирование объектов (порядка 50 % от общего их количества). Распределение перспективных объектов по территории России отвечает основным направлениям развития и освоения МСБ в соответствии с федеральными инвестиционными программами создания региональных центров экономического роста. Наибольшее количество объектов для

дальнейшего геологического изучения и лицензирования выявлено на территории Сибирского федерального округа (45 %), далее следуют Дальневосточный (18 %), Уральский (12 %) и Южный (10 %) федеральные округа (рис. 2, а). Максимальное количество таких объектов локализовано на поисковой стадии, за ней следуют поисково-оценочная и прогнозно-поисковая (рис. 2, б). Наиболее результативными по выявлению перспективных объектов (отношение их числа к числу проектов) являются поисково-оценочные работы (1,32), далее следуют поисковые (0,98) и прогнозно-поисковые (0,78). Таким образом, «исчезнувшая» поисково-оценочная стадия показала наибольшую эффективность.

Из этого следует, что выполняемые ГРР по целям и достигаемым результатам не вполне адекватны рамкам ныне действующей стадийности, которую, по мнению авторов, необходимо оптимизировать в целях повышения мобильности системы «прогнозные ресурсы — запасы». Для этого необходимо:

создать геологические и металлогенические (минералогенические) основы, отвечающие актуальным задачам современного недропользования по формированию «фонда объектов будущих поколений»;

ускорить создание надежного поискового задела как основы формирования фонда лицензионного недропользования и воспроизводства МСБ в долгосрочной перспективе;

оптимизировать результаты регионального геологического изучения недр с выделением целевых крупномасштабных общих поисков в самостоятельную стадию (подстадию);

обеспечить целевые поиски месторождений традиционных и перспективных типов;

разграничить по целям и результатам прогнозно-поисковые, поисковые и поисково-оценочные работы с учетом их соответствия термину «геологическое изучение недр»;

повысить уровень ликвидности создаваемого фонда недропользования для его вовлечения в оценку и разведку;

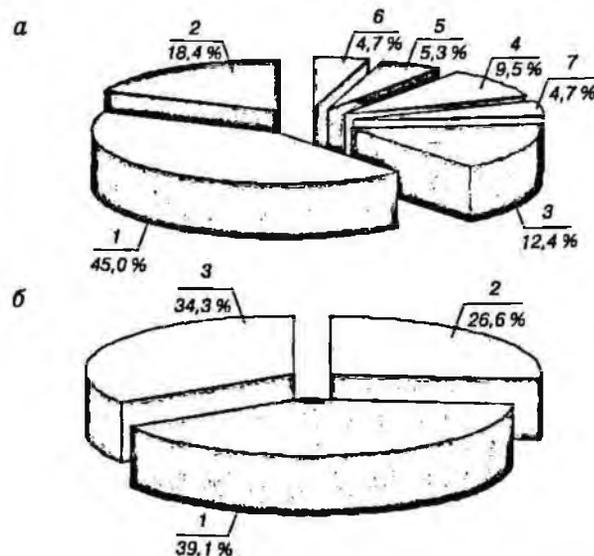


Рис. 2. Распределение наиболее перспективных объектов ГРР, переданных для дальнейшего геологического изучения и лицензирования:

а — по федеральным округам РФ: 1 — Сибирский, 2 — Дальневосточный, 3 — Уральский, 4 — Южный, 5 — Центральный, 6 — Северо-Западный, 7 — Приволжский; б — по стадиям геологоразведочных работ: 1 — поисковая, 2 — прогнозно-поисковая, 3 — поисково-оценочная



Таблица 1. Сопоставление стадийности геологоразведочных работ 1984 и 1999 гг.

1984 г.			1999 г.		
Стадия	Цель	Результат	Этап, стадия	Цель	Результат
1. Региональное геологическое изучение территории в масштабах 1:1 000 000 – 1:500 000, 1:200 000 (1:100 000) (две подстадии)	Изучение геологического строения крупных регионов и закономерностей размещения полезных ископаемых в их пределах	Государственная геологическая карта с перспективными структурами, их поисковые критерии и признаки, прогнозные ресурсы $P_3$ с определением их возможного геолого-экономического значения	I. Работы общегеологического и минерагенического назначения 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых	Создание фундаментальной многоцелевой геологической основы прогнозирования полезных ископаемых; систематизация геологической информации	Обязательные и специальные геологические карты масштабов 1:1 000 000 — 1:500 000, 1:200 000 и 1:100 000; оценка минерагенического потенциала территорий; выделение перспективных рудных районов, узлов, зон, бассейнов; прогнозные ресурсы категорий $P_3$ и $P_2$
2. Геологическая съемка масштаба 1:50 000 (1:25 000) с общими поисками	Выявление геологических обстановок, благоприятных для локализации полезных ископаемых; прогнозная оценка перспективных участков	Государственная геологическая карта с выделением прогнозируемых бассейнов и рудных полей; оценка прогнозных ресурсов категории $P_2$ с определением их возможного геолого-экономического значения			
3. Поисковые работы	Выявление месторождений и проявлений полезных ископаемых	Выявление месторождений с оценкой прогнозных ресурсов категории $P_2$ ; их возможное экономическое значение	II. Поиск и оценка месторождений 2. Поисковые работы	Геологическое изучение территории, выявление проявлений и месторождений — определение целесообразности их дальнейшего изучения	Комплексная оценка геологического строения и перспектив площадей; выявленные проявления и месторождения; оценка прогнозных ресурсов категорий $P_2$ и $P_1$ ; укрупненные экономические показатели их возможного освоения
4. Поисково-оценочные работы	Предварительная оценка выявленных месторождений полезных ископаемых	Установление возможного промышленного значения выявленного месторождения с оценкой запасов категории $C_2$ и прогнозных ресурсов категории $P_1$ ; технико-экономические соображения	3. Оценочные работы	Геологическое изучение и геолого-экономическая оценка проявлений и месторождений полезных ископаемых	Месторождения полезных ископаемых с оценкой запасов категорий $C_2$ и $C_1$ , по менее изученным участкам — прогнозных ресурсов категории $P_1$ ; временные кондиции
5. Предварительная разведка	Промышленная оценка месторождения	Запасы категорий $C_1$ и $C_2$ ; временные кондиции			
6. Детальная разведка	Подготовка месторождения для промышленного освоения	Исходные данные для проектирования предприятия; постоянные кондиции; утверждение запасов в ГКЗ	III. Разведка и освоение месторождений 4. Разведка месторождений	Изучение месторождения, оценка запасов категорий $C_2$ , $C_1$ и прогнозных ресурсов категории $P_1$	Постоянные кондиции, запасы категорий А, В, $C_1$ и $C_2$
7. Доразведка и эксплуатационная разведка			5. Эксплуатационная разведка		



сохранить собственно оценочную стадию ГРР с конкретизацией результатов фиксации факта открытия месторождения и предварительной оценки его экономического значения;

сохранить разведочную стадию с конкретизацией требований по уровню достоверности запасов в соответствии с новой Классификацией и рекомендациями ГКЗ Роснедра (2007 г.) по металлическим и неметаллическим полезным ископаемым.

Авторы считают, что есть и другие подходы к совершенствованию стадийности ГРР, но с учетом начала в 2009 г. подготовительной работы к проведению оценки (переоценки) прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых и планируемого проведения ее в 2010–2011 гг. целесообразно общими усилиями ускорить актуализацию порядка проведения ГРР, выполняемых как за счет средств Федерального бюджета, так и собственных (привлеченных) средств недропользователей. **ИЖ**

Беневольский Борис Игоревич,  
тел.: (495) 315-27-74  
Вартанян Сергей Серопович,  
тел.: (495) 315-26-83  
Кривцов Анатолий Иванович,  
тел.: (495) 315-26-38

**PREDICTED RESOURCES AND STADIALITY OF GEOLOGICAL EXPLORATIONS ON METAL AND NONMETALLIC MINERALS**

**Benevolskii. B. I., Vartanyan S. S., Krivtsov A. I.**

Necessity of actualisation of provision about procedure of geological explorations on stages in connection with introduction of the updated mineral reserves classification and predicted resources of solid minerals is presented. Main objectives are proved and priority directions of improvement of work stadiality in system «predicted resources – stocks» are offered.

*Key words: solid minerals, geological explorations, predicted resources, mineral reserves classification.*

УДК 553.044:550.8.072

И. Ф. МИГАЧЁВ, А. Г. ВОЛЧКОВ, Г. В. РУЧКИН (ФГУП «ЦНИГРИ»)

## ПРОГНОЗ, ПОИСК И ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ МОДЕЛЕЙ



И. Ф. МИГАЧЁВ,  
директор института,  
д-р геол.-минерал. наук



А. Г. ВОЛЧКОВ,  
заведующий отделом,  
канд. геол.-минерал. наук



Г. В. РУЧКИН,  
главный научный сотрудник,  
д-р геол.-минерал. наук

*Приведены современные технологии моделирования рудных месторождений с целью создания образов объектов прогноза, поиска, оценки и геологической разведки для повышения эффективности и снижения рисков на всех стадиях их проведения.*

**Ключевые слова:** рудные месторождения, комплексные модели, прогноз, поиск, оценка, геологоразведочные работы.

Современные технологии геологоразведочных работ (ГРР) опираются на комплексные модели месторождений, основные элементы которых выражаются в качестве подлежащих выявлению прогнозных признаков. В практике прогнозных работ модели месторождений позволяют по

геологическим ситуациям определять их возможное положение и оценивать масштабы скопления рудного вещества в форме качественных и количественных параметров прогнозных ресурсов.

Исследования в области создания моделей рудных месторождений получили интенсивное развитие

в ведущих странах мира. Это направление металлогении и геологии рудных месторождений имеет значительные теоретические и прикладные перспективы. Объективная необходимость моделирования рудных месторождений определяется задачами создания обобщенных образов объектов прогноза, поиска, оценки и разведки с целью повышения эффективности и снижения уровня рисков геологоразведочных работ на всех стадиях их проведения.

В последние годы в ЦНИГРИ и других отраслевых научно-исследовательских институтах создана система взаимосвязанных по ряду характеристик моделей месторождений, которая концентрирует информацию по множеству оцененных, разведываемых и эксплуатируемых объектов в России и других странах и открывает возможности для разработки новых научно-методических приемов прогноза, поиска, оценки и разведки месторождений.

Систему образуют следующие модели месторождений (рис. 1):

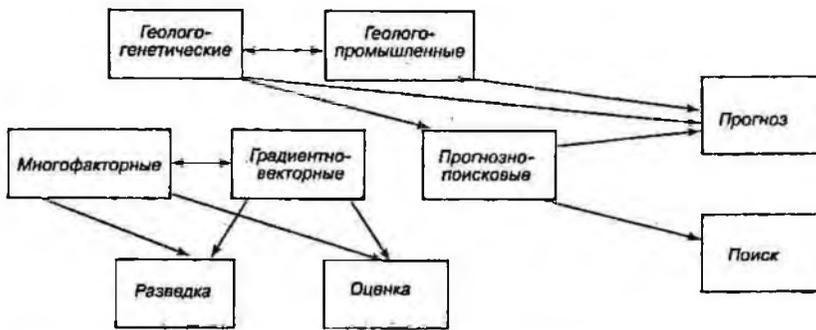


Рис. 1. Система комплексных моделей месторождений твердых полезных ископаемых

геолого-генетические, классификационно-признаковые, преимущественно используемые для общей систематики месторождений в описательных, геолого-генетических, прикладных и образовательных целях;

прогнозно-поисковые модели в качественном выражении, представляющие собой целевые описательные классификационно-признаковые модели, которые характеризуются сопряженными и соподчиненными элементами рудоносного пространства. Эти элементы эквивалентны критериям и признакам, которые используют при локальном прогнозе и поисках для выделения перспективных рудных полей и поисковых участков. Дополненные перечнем необходимых видов и методов геологоразведочных работ разных стадий эти модели составляют основу прогнозно-поисковых комплексов, призванных обеспечить обнаружение месторождений, и определяют требования к результатам и качеству соответствующих стадий геологоразведочных работ;

геолого-промышленные количественные (статистические) модели, отражающие зависимости между числом месторождений, запасами содержащихся в них руд и (или) металлов, а также концентрациями основных рудообразующих элементов. Такие модели служат для оценки ресурсов прогнозируемых объектов и качества руд при металлогенетическом анализе и поисковых работах. На их основе определяют представительность минимальных, максимальных и наиболее вероятных классов запасов руды и содержаний металлов при оценке возможных масштабов прогнозируемых и изучаемых месторождений;

прогнозно-поисковые модели в количественном выражении (параметрические), основанные на значениях линейных размеров главных геологических элементов объектов, размеров и интенсивности геофизических и геохимических аномалий и включающие в себя геометризованные модели месторождений с выделением типовых зон рудовмещающего и околорудного пространства, перечень и параметры главных элементов этих зон, их комплексные характеристики с особенностями отражения в геохимических и геофизических полях (с учетом их размерности) в различных зонах рудовмещающего пространства (рис. 2);

морфометрические модели рудных тел, отражающие соотношения их линейных размеров по трем взаимно перпендикулярным осям и используемые для оптимизации оценочных и разведочных сетей выработок;

установление принадлежности оцениваемого объекта к морфологическому типу дает возможность по конкретному значению одной из морфологических характеристик, полученному на ранних стадиях ГРР, прогнозировать масштабы рудных тел и способствует рациональному размещению выработок;

концентрационные модели отражают распределение содержаний металлов на пресс-проекциях и на разрезах рудных тел, позволяют выявить характер распределения рудообразующих элементов, определить положение зон неоднородностей различных

порядков (обогащенных участков или рудных столбов) внутри рудных тел и их долю в запасах; выявление параметров неоднородностей внутреннего строения рудной залежи и особенностей их размещения в рудных телах обеспечивает возможность расчета необходимой плотности выработок в разведочных профилях и расстояний между профилями;

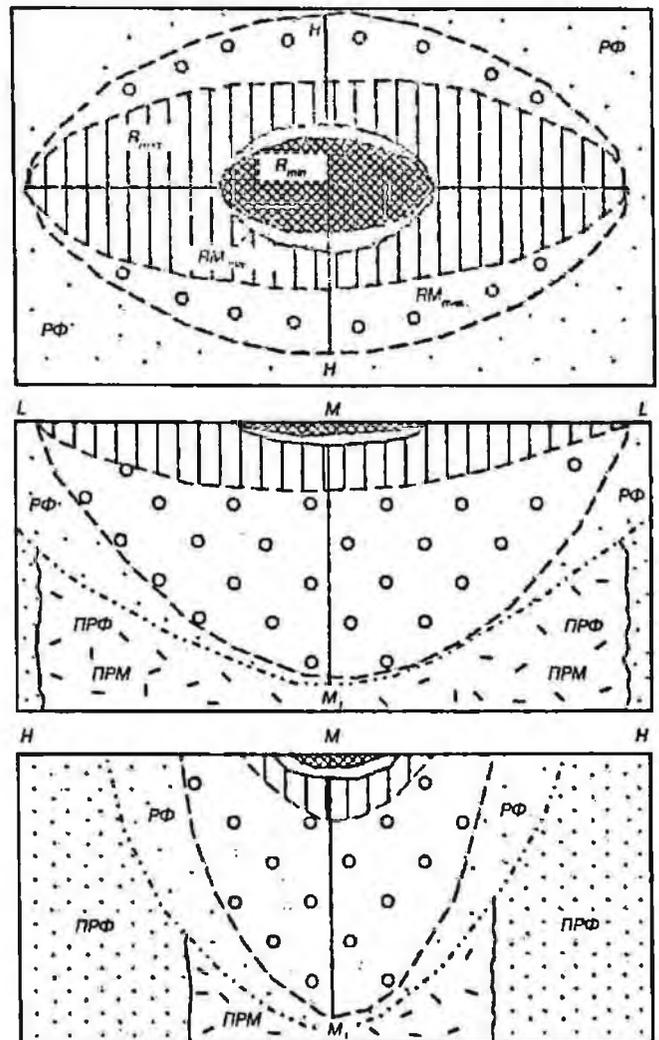


Рис. 2. Прогнозно-поисковые параметрические модели медноколчеданного месторождения:  $RM_{max}$ ,  $RM_{min}$  — границы пространства, вмещающего месторождение;  $R_{max}$ ,  $R_{min}$  — границы рудного тела; РФ — рудное фланговое пространство; ПРФ — подрудное фланговое пространство; ПРМ — пространство под месторождением

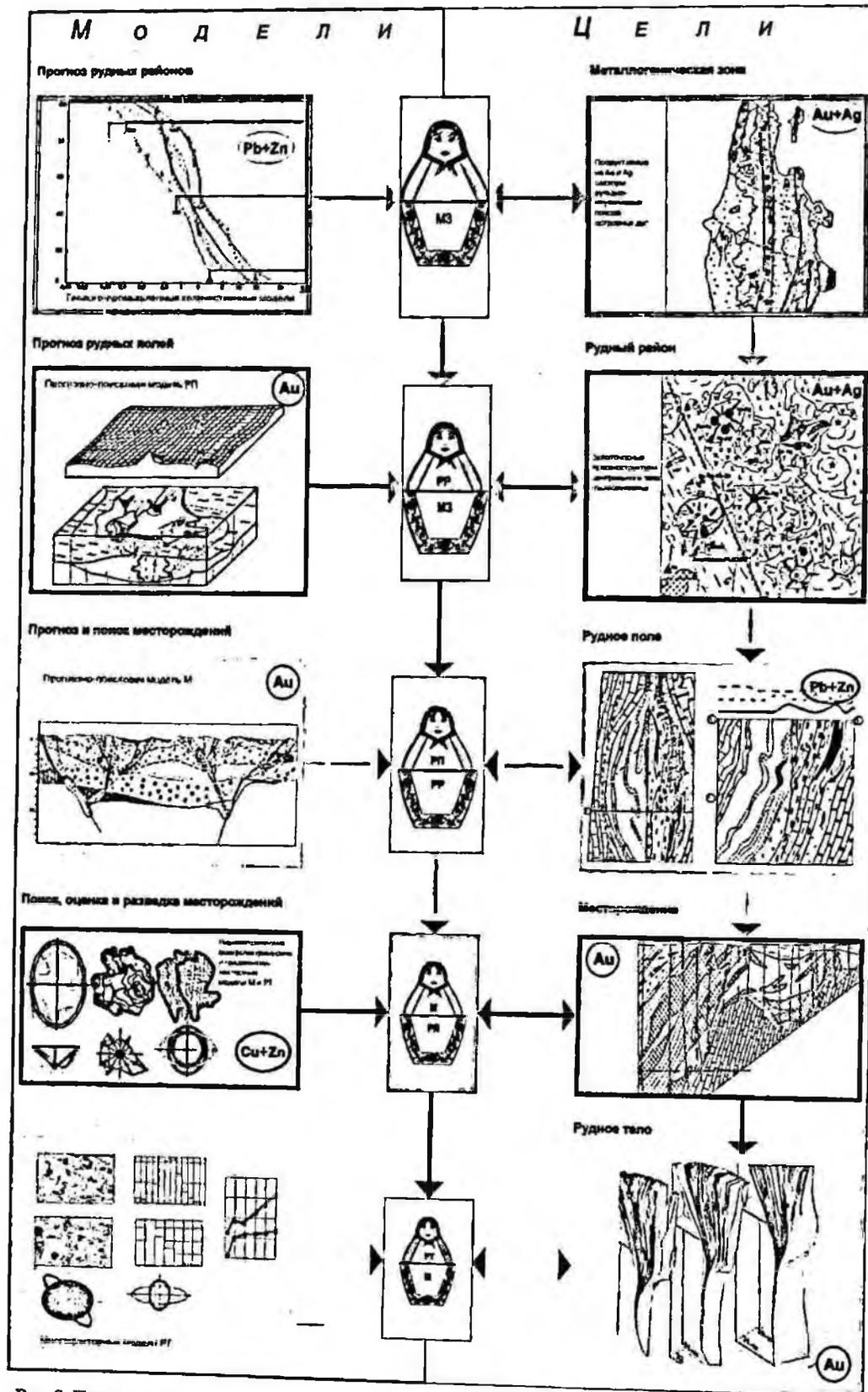


Рис. 3. Пример моделирования последовательности изучения перспективных металлоносных объектов разных рангов при прогнозе, поиске, оценке и разведке месторождений: МЗ — металлогеническая зона; РП — рудное поле; РР — рудный район; М — месторождение

градиентно-векторные морфометрические и концентрационные модели рудных полей, месторождений и рудных тел основаны на анализе изменчивости мощностей рудных тел и распределения в них концентраций металлов и позволяют выявлять структуру потоков масс и содержания и интенсивность их изменений в объемном выражении;

Металлогенические таксоны характеризуются следующими элементами-признаками: геолого-формационные и рудно-формационные; структурно-тектонические; фациальные; литолого-петрографические; минералого-геохимические; гидротермально-метасоматические и геофизические. Именно такие элементы, вытекающие из системы моделей месторождений,

композиционные (многофакторные) оценочно-разведочные модели рудных тел основаны на интеграции их морфометрических и концентрационных характеристик и статистических показателей параметров, используемых при подсчете запасов. Эти модели необходимы для оптимизации оценки и разведки на основе сопоставления с моделями-эталоном и «пошаговой» корректировки параметров сетей по мере наращивания информации, т. е. для реализации гибких технологий оценки и разведки, адаптируемых к требуемой достоверности подсчета запасов. Они обеспечивают целевой выбор параметров сетей в зависимости от комплекса требований и изученности рудных тел, а именно: оптимизацию размещения выработок для выявления и геометризации зон неоднородностей, выбор и плотность сети для задаваемой достоверности определения комплекса подсчетных характеристик и подсчета запасов, обоснование сети для выявления характера изменчивости мощностей, содержания и запасов по определенным направлениям с заданной достоверностью.

Современные технологии прогнозно-поисковых и поисковых работ нацелены на конечный результат — вычленение в геологическом пространстве потенциального месторождения определенного типа и основаны на принципе последовательного выделения перспективных металлоносных объектов (таксонов) разных рангов — металлогенических зон, рудных районов, рудных полей, потенциальных месторождений, рудных тел (рис. 3).

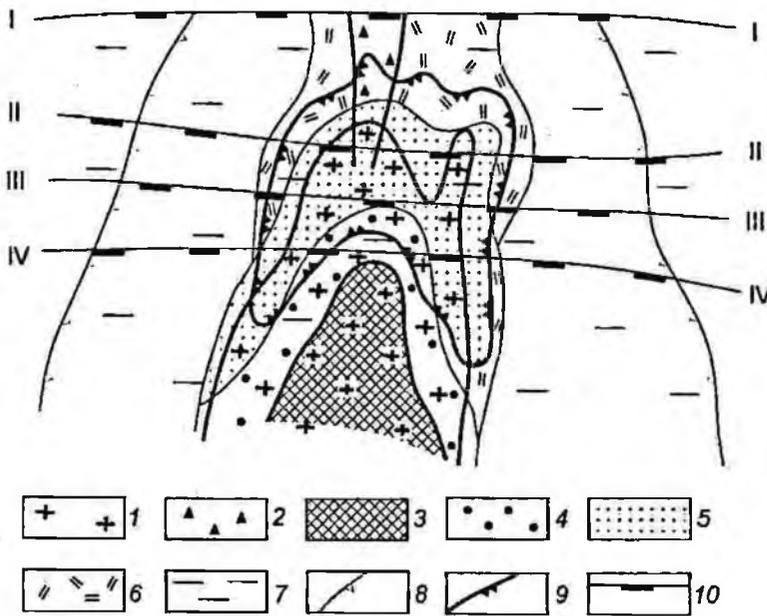


Рис. 4. Прогнозно-поисковая модель медно-порфировой системы (по А. И. Кривцову):

1 — рудоносный порфиновый интрузив; 2 — брекчиевая трубка; 3 — кварцевое ядро; 4 — зона калишпатизации и биотитизации; 5 — зона окварцевания и серицитизации; 6 — зона аргиллитизации; 7 — пропилитизированные породы интрузивной рамы; 8 — границы ореола интенсивной пиритизации; 9 — контуры промышленных руд; 10 — варианты (I–IV) положения эрозионного среза

являются идентификационными признаками и критериями, позволяющими вычленять из геологического пространства разноранговые перспективные площади. При этом модели объектов прогноза и поисков — рудные поля и месторождения — рассматриваются как часть соответствующих региональных структур.

В пределах металлогенических зон выделяется совокупность элементов, определяющих позицию рудных районов в их структуре и в соответствующих рудоносно-формационных комплексах и их элементах. Значение той или иной группы элементов-признаков в выделении металлогенических таксонов в значительной степени определяется особенностями геологических обстановок их нахождения, свойственных тем или иным рудно-формационным типам месторождений.

На примере прогнозно-поисковой модели медно-порфировой системы (рис. 4) можно пояснить процесс выявления обстановок нахождения и поисков месторождений.

*I вариант* соответствует эрозионному срезу, расположенному на расстоянии в сотни метров над верхними выклиниваниями рудоносных штоков. На земной поверхности здесь выражены только косвенные признаки присутствия рудных тел на глубине: наличие жильной сульфидной минерализации в пропилитизированных и аргиллитизированных породах, слабо проявленные комплексные геохимические и гравиметрические аномалии.

*II вариант* отвечает эрозионным сечениям, вскрывающим верхнее выклинивание рудоносных порфирировых интрузивов. Эти зоны маркируются мощными оре-

олами пиритовой вкрапленности с халькопиритовой минерализацией, выходами рудоносных порфирировых интрузивов, комплексными геохимическими аномалиями и рядом других прямых поисковых признаков.

*III вариант* соответствует эрозионному срезу, вскрывающему рудоносное пространство. При таком положении среза обнажаются минерализованные зоны сульфидизации в окварцованных, серицитизированных и калишпатизированных породах рудоносных порфирировых интрузивов; рудные залежи; часто — брекчиевые тела. Оруденение находит отражение во вторичных геохимических аномалиях меди, молибдена, свинца и цинка, а также в геохимических аномалиях вызванной поляризации.

*IV вариант* отвечает положению глубокого эрозионного среза, близкого к нижним выклиниваниям рудных тел.

При прогнозе, поиске и оценке месторождений применяют весь перечень моделей, образующих систему. Однако наиболее востребованы при проведении ГРП и оценке их результатов классификационно-признаковые, прогнозно-поисковые, геолого-промышленные количественные и прогнозно-поисковые параметрические модели. Именно эти модели являются основой для выделения новых металлогенических зон, рудных районов и конкретных объектов при обосновании постановки ГРП и дальнейшего проведения работ на объектах. Модели используют также при подготовке геолого-методических частей проектов на проведение ГРП, при формировании комплекса необходимых видов и методов работ и проверки оценок прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. ■

Мигачёв Игорь Федорович,  
e-mail: [tsnigri@tsnigri.ru](mailto:tsnigri@tsnigri.ru)

Волчков Алексей Гордеевич,  
e-mail: [nms@tsnigri.ru](mailto:nms@tsnigri.ru)

Ручкин Георгий Владимирович,  
e-mail: [metallogeny@tsnigri.ru](mailto:metallogeny@tsnigri.ru)

THE FORECAST, SEARCH AND DEPOSIT EVALUATION OF SOLID MINERALS ON THE BASIS OF COMPLEX MODELS  
Migachyov I. F., Volchkov A. G., Ruchkin G. V.

Modern technologies of simulation of ore deposits for the purpose of creation of object images, searches, evaluation and geological surveying for efficiency increase and derisking at all stages of their realization are presented.

**Key words:** ore deposits, complex models, forecast, search, evaluation, geological explorations.



УДК 338.45:622.342.013

И. А. КАРПЕНКО, Н. Г. ПЕТРАШ (ФГУП «ЦНИГРИ»)

## СОВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СУХОЙ ЛОГ



И. А. КАРПЕНКО,  
зав. сектором,  
доцент, канд. геол.-минерал. наук



Н. Г. ПЕТРАШ,  
ведущий  
научный сотрудник

Месторождение коренного золота Сухой Лог находится в Бодайбинском районе Иркутской области и является объектом многолетнего геологического изучения с целью передачи его в промышленное освоение как крупномасштабного источника пополнения золотовалютных резервов России на длительную перспективу.

Современные подходы к освоению месторождения базируются на результатах переоценки его запасов и ресурсов золота, выполненной в 2007 г. В сравнении с технико-экономическими расчетами 1977 г. запасы золота месторождения увеличились в 1,9 раза, а с учетом прогнозных ресурсов — в 2,8 раза. В абсолютном выражении прирост балансовых запасов золота составляет 924 т, забалансовых — 787 т. Впервые утверждены и поставлены на Государственный баланс запасы серебра — 1541 т по категории  $C_2$ . Доля месторождения Сухой Лог в Государственном балансе запасов коренного золота возросла с 17,9 до 29,2 %. По результатам переоценки 2007 г. оно стало крупнейшим в России и мире по запасам коренного золота.

Экономическая переоценка месторождения проведена на основе выполненных предпроектных и проектных проработок, в частности, подсчета запасов для валовой и селективной добычи руды открытым способом; технических решений по карьере и показателям переработки руд; общетехнических решений по проектируемому предприятию с учетом требований к охране окружающей среды; гидрогеологических условий; данных по социальной и производственной инфраструктуре Бодайбинского района; фактических цен на материалы, оборудование, строительство дорог, электролиний и других коммуникаций; региональных тарифов на энергоресурсы и транспорт.

Для освоения месторождения предусмотрено строительство горно-обогатительного предприятия с полным комплексом вспомогательных цехов и служб. Общий объем инвестиций составит 47,6 млрд руб. Его строительство предусмотрено очередями с вводом в действие I очереди на четвертый год. В связи с недостаточно развитой инфраструктурой района для обеспечения деятельности предприятия проектом предусмотрены затраты в сумме

*Представлена проведенная в ЦНИГРИ переоценка рыночной стоимости уникального золоторудного месторождения Сухой Лог, по результатам которой обоснованы целесообразность и инвестиционная привлекательность создания крупнейшего в России золотодобывающего горно-обогатительного комбината, обеспеченного запасами на срок более 50 лет.*

*Ключевые слова: месторождение коренного золота, запасы, производственные и финансовые показатели, инвестиционная привлекательность.*

4,7 млрд руб. на строительство электролиний, автомобильных дорог и вахтового поселка.

Товарной продукцией предприятия является золото и серебро в сплаве Доре. Основным ценообразующим компонентом (99,4 % стоимости) является золото. Для обоснования расчетной цены проведен обзор рынка золота за период с 1972 по 2008 г. (рис. 1). Цены приняты по среднегодовым учетным ставкам Центрального банка РФ в 2006 г.: золото — 531 руб/г (21,3 долл. США/г); серебро — 9,6 руб/г (0,38 долл/г).

Экономические показатели месторождения Сухой Лог рассчитаны для условий его комбинированной отработки вначале открытым, затем — подземным способом. Оценка открытого способа разработки проведена детально по годам на расчетный период — 21 год и укрупненно — на весь период работы карьера — 33 года. Подземный способ разработки глубинной части месторождения оценен впервые укрупненно, с учетом степени разведанности запасов по категории  $C_2$  и ожидаемого срока начала подземной добычи через 30 лет после начала освоения.

В проектом контуре карьера проведен расчет запасов руды при бортовых содержаниях золота 1,2; 0,9; 0,7 и 0,5 г/т для условий валовой выемки и прямой переработки добытой руды на обогатительной фабрике. Технико-экономические расчеты показали, что при всех рассмотренных вариантах бортового содержания их разработка открытым способом рентабельна: затраты на 1 руб. товарной продукции ниже единицы. При этом среднегодовая балансовая прибыль предприятия (12,2 млрд руб.) и в целом за весь период освоения месторождения (376,5 млрд руб.) максимальна при извлечении запасов по бортовому содержанию золота 0,5 г/т, которое и принято в качестве оптимального для оконтуривания балансовых запасов.

Дальнейшие исследования авторов направлены на выбор технических, технологических и организационных решений, которые позволили бы получить максимальный экономический эффект от освоения месторождения при бортовом содержании золота в руде 0,5 г/т. Для выявления лучших по экономическим показателям вариантов создана динамическая многовариантная геолого-экономическая

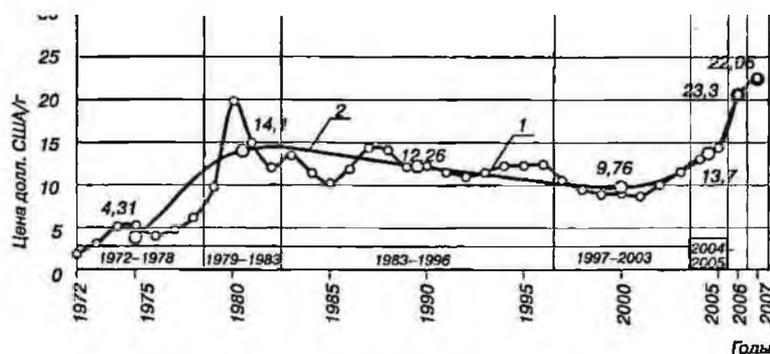


Рис. 1. Динамика изменения рыночной цены на золото (по Лондонской бирже металлов) по годам (1) и периодам (2)

модель месторождения Сухой Лог, позволившая сопоставить параметры разработки, их экономическую и финансовую эффективность при различных сценариях реализации проекта и на этой основе выбрать оптимальный вариант.

Рассмотрены три основных варианта реализации проекта:

валовая добыча и прямая переработка добытой руды на обогатительной фабрике в объеме 34 млн т в год с содержанием золота 1,7 г/т;

валовая добыча (34 млн т/год), предварительное обогащение добытой руды методом фотометрической сепарации (ФМС), глубокое обогащение концентрата ФМС (17,2 млн т/год, содержание золота — 3,12 г/т) на обогатительной фабрике;

селективная добыча рядовой (14 млн т/год, содержание золота — 3,31 г/т) и бедной (17 млн т/год, содержание — 0,95 г/т) руды, предварительное обогащение каждого сорта руды методом ФМС и глубокое обогащение концентратов ФМС (16,6 млн т/год, содержание Au 3,53 г/т) на обогатительной фабрике.

Применительно к каждому варианту дифференцированы решения по срокам строительства карьера, обогатительной фабрики, вспомогательных производств, объектов энергетической и транспортной инфраструктуры;

рассчитаны объемы хвостохранилищ и отвалов, водо- и энергопотребления, капитальные вложения, эксплуатационные расходы и другие показатели, вплоть до расчета экономической эффективности каждого варианта проекта (табл. 1).

Рассчитанные объемы инвестиций в строительство горно-обогатительного предприятия и издержки на производство продукции позволили оценить экономическую эффективность освоения месторождения открытым способом путем сопоставления полученных интегральных результатов и затрат. С этой целью выполнено моделирование денежных потоков в пределах расчетного периода (21 год). Ожидаемые разновременные доходы и расходы приведены к начальному периоду оценки с использованием процедуры дисконтирования.

Анализ полученных результатов показал, что разработка месторождения Сухой Лог открытым способом экономически целесообразна во всех рассмотренных вариантах. Максимальный доход предприятия (165 млрд руб.) после погашения всех затрат и уплаты налогов и сборов, наименьший срок окупаемости капитальных вложений (8,7 лет) и более высокий уровень рентабельности (23 %) достигаются в варианте селективной добычи руды с предварительным обогащением методом ФМС. Этот вариант рекомендован в качестве основного.

Для определения степени риска инвестиций в проектируемое предприятие по рекомендованному варианту проведена оценка жизнестойкости проекта в зависимости от изменения внешних условий (табл. 2), которая показала, что проект обладает достаточно высокой экономической эффективностью, резерв которой, а также основные решения, обеспечивают устойчивость предприятия к изменению внешних условий. Наиболее существенными факторами риска являются снижение цены золота или его содержания в руде и увеличение сроков строительства предприятия. Последнее обстоятельство

Таблица 1. Основные финансовые показатели разработки месторождения Сухой Лог по вариантам за расчетный срок (21 год)

Показатели	Вариант		
	Валовая отработка, прямое обогащение (I)	Валовая отработка, предварительное обогащение методом ФМС, глубокое обогащение концентратов ФМС (II)	Селективная добыча рядовых и бедных руд, предварительное обогащение методом ФМС, глубокое обогащение концентратов ФМС (III)
Производственные показатели:			
добыча руды, млн т	426	539	489
выпуск золота, т	649,1	794	815,4
Чистая текущая стоимость проекта, млрд руб.	89,9	155,1	165
Чистый дисконтированный доход при норме дисконта E = 10 %, млрд руб.	3,8	28,9	36,3
Индекс доходности:			
без дисконтирования, ед.	1,35	1,58	1,61
с дисконтированием (E = 10 %), ед.	1,04	1,28	1,34
Внутренняя норма дохода, %	11	20	23
Срок окупаемости капитальных вложений (с начала строительства):			
без дисконтирования, лет	13,6	9,2	8,7
с дисконтированием (E = 10 %), лет	19,3	11,4	10,1



Таблица 2. Результирующие показатели жизнестойкости проекта

Показатели	Базовые показатели III варианта ТЭО	Варианты изменения внешних условий				
		1	2	3	4	5
		Снижение цены на Au и Ag на 30 % или снижение содержания Au на 39 %	Увеличение эксплуатационных затрат на 20 %	Увеличение капитальных вложений на 20 %	Увеличение эксплуатационных затрат и капиталовложений на 10 %	Увеличение срока строительства предприятия на 3 года
Чистая текущая стоимость проекта, млрд руб.	165	72,9	140,0	155,9	147,9	117,4
То же, при E = 10 %	36,3	5,8	27,8	29,9	28,9	11,6
Индекс доходности, ед.	1,61	1,31	1,47	1,56	1,51	1,50
То же, при E = 10 %	1,34	1,06	1,24	1,26	1,25	1,13
Внутренняя норма дохода, %	23	12	20	20	20	13
Срок окупаемости капитальных вложений (с начала строительства), лет	8,7	10,8	9,3	9,2	9,1	12,8
То же, при E = 10 %	10,1	16,5	10,8	11,1	11,0	16,1

необходимо учитывать при реализации проекта организации строительства.

Бюджетную эффективность освоения месторождения Сухой Лог определяют объемы товарной продукции и налоговые поступления (табл. 3). За расчетный период (21 год) предприятием будет произведено товарной продукции на сумму 435,5 млрд руб., выплачено налогов 99,7 млрд руб., в том числе в региональный и местный бюджеты — 67,8 млрд руб., в федеральный — 31,9 млрд руб. Объем единого социального налога и налога на доходы физических лиц составит 7,5 млрд руб., налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ) — 26,1 млрд руб., налога на прибыль — 53,3 млрд руб., прочих платежей (налог на имущество, землю, воду, плата за выбросы) — 12,8 млрд руб. (табл. 4).

Ввод в эксплуатацию горно-обогатительного предприятия позволит создать около 4000 новых рабочих мест, средняя заработная плата одного трудящегося (по проекту) составит около 26 тыс. руб/мес при фактически сложившейся в отрасли в 2007 г. 15–18 тыс. руб/мес.

Результаты геолого-экономической оценки показывают высокую экономическую эффективность освоения

месторождения Сухой Лог в целом. Вместе с тем положительная динамика финансовых показателей формируется после выхода предприятия на проектную мощность, начиная с 9-го года. Большой объем инвестиций в освоение месторождения (47,6 млрд руб.), сравнительно длительный срок окупаемости капитальных вложений (около 9 лет) делают актуальным поиск путей повышения привлекательности инвестиционного проекта в начальном периоде его реализации. Одним из таких путей могут быть налоговые каникулы на НДС и налог на прибыль, которые для принятого варианта желательно установить на первые 8 лет. Реализация этого предложения позволит оставить в распоряжении предприятия на период его строительства около 7 млрд руб., подлежащих возврату в бюджет после достижения проектных показателей.

Актуальным для данного проекта является распределение дохода (ренты) — 165 млрд руб. по рекомендуемому варианту. Эффективность работы предприятия определяется уровнем рентабельности, рассчитанным как отношение дохода к производственным расходам. По месторождению Сухой Лог уровень рентабельности в среднем за оцениваемый период составляет 80 %,

Таблица 3. Основные технико-экономические показатели разработки месторождения Сухой Лог открытым способом по рекомендованному варианту

Показатели	Проектная мощность (годовая)	За 21 год с начала строительства ГОКа	За весь период работы карьера
Извлекаемые запасы:			
золота, т	57,8	815,4	1449,5
серебра, т	16	256,2	460,6
Капитальные вложения, млрд руб.		47,65	
Себестоимость 1 г золота, руб.	228,3	253,3	260,2
Стоимость товарной продукции, млрд руб.	30,9	435,4	774,1
Бюджетная эффективность — поступление в бюджеты разных уровней, всего, млрд руб.	7	99,7	172,5
В том числе:			
федеральный	2,2	31,9	56,8
региональный	4,5	63,4	107,9
местный	0,3	4,4	7,8



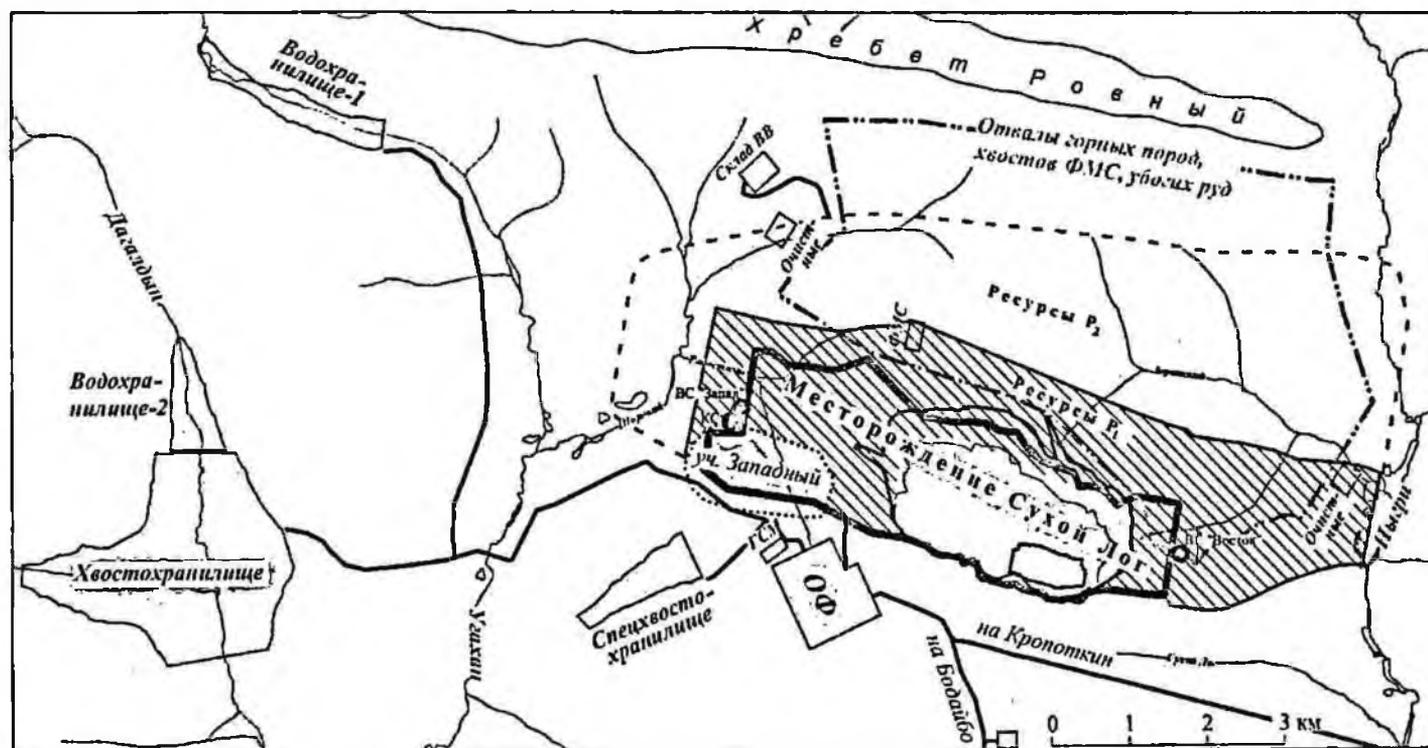
Таблица 4. Доля поступлений (налогов и платежей) в бюджет Иркутской области от производственной деятельности предприятия по разработке месторождения Сухой Лог (по отношению к бюджету 2007 г.)

Показатель	Отчисления в консолидированный бюджет субъекта РФ за 2007 г., млрд руб/год	Среднегодовые отчисления предприятия в бюджет региона, млрд руб/год	Доля, %
Доходы бюджета области, всего	50,8	4,8	8,9
В том числе:			
НДПИ	0,9	1,1	122,2
налог на прибыль	13,5	2,8	20,7

после выхода на проектную мощность — 100,7 %. Учитывая высокую рентабельность объекта и надежность расчетных технико-экономических показателей проектируемого предприятия, обусловленных как природными факторами — значительными масштабами месторождения и благоприятными условиями его разработки, так и использованием инновационных технологий, предложенных в проекте, предлагается оставлять в распоряжении недропользователя порядка 30 % объема формируемого дохода (ренды), что за расчетный период (21 год) составит около 47 млрд руб. Это позволит направить в бюджеты различных уровней дополнительно около 118 млрд руб. Таким образом бюджетная эффективность проекта возрастет с 99,7 до 217,7 млрд руб.

Согласно проекту, при выходе на полную мощность предприятие будет выпускать 57,8 т золота в год, что составляет 67 % к уровню добычи коренного золота в России в 2007 г. и 40 % — от общей добычи из коренных и россыпных месторождений. За весь срок отработки месторождения открытым и подземным способами (53 года) будет произведено 1917,5 т товарного золота и около 490 т серебра (среднегодовой выпуск за этот период — 36,1 т золота и 9 т серебра). Таким образом, месторождение в течение длительного периода может стабильно обеспечивать в среднем 42 % добычи рудного золота в России (к уровню 2007 г.). В связи с этим месторождение следует рассматривать как объект федерального значения, обеспечивающий устойчивую долготельную добычу золота и пополнение золотовалютных резервов страны.

По результатам переоценки в 2008 г. разработано укрупненное ТЭО промышленного освоения месторождения Сухой Лог, в состав которого входят: решения по геологическому изучению, доразведке запасов и оценке прогнозных ресурсов; виды и объемы проектно-изыскательских и других специальных работ; решения по строительству и работе опытно-промышленного участка и основных объектов предприятия; проект условий



Запасы по состоянию на 2007 г.:

- для открытой отработки
- для подземной отработки
- Положение карьера на конец отработки

- Шхтные стволы для подземной отработки
- Опытно-промышленный карьер
- Объекты доразведки первой очереди: перевод запасов категории C<sub>2</sub> в C<sub>1</sub> и ресурсов P<sub>1</sub> в запасы C<sub>2</sub>

Рис. 2. Схема размещения основных объектов горно-обогатительного предприятия по варианту разработки месторождения Сухой Лог



недропользования; обоснование задач, методик, видов и объемов работ, расчеты их стоимости и сроков выполнения. Условия недропользования ориентированы в максимальной степени на привлечение к освоению месторождения эффективных инвесторов и высокотехнологичных организаций, обладающих реальным опытом работы в горнодобывающих отраслях и способных решать серьезные социально-экономические проблемы развития региона. □

Карпенко Игорь Алексеевич,  
Петраш Нина Григорьевна,  
тел.: (495) 315-27-92

**MODERN ESTIMATION OF MARKETABLE COST OF GOLD ORE DEPOSITS THE SUHOI LOG**

Karpenko I. A., Petrash N.G.

Revaluation of marketable cost of unique gold ore deposits the Suhoi Log realized in FSUE TSINIGRI is presented. Expediency and investment appeal of creation of the largest in Russia gold mining-concentrating industrial complex provided with stocks for the term of more than 50 years are proved by results of this revaluation.

*Key words: deposit of vein gold, stocks, operating and financial indices, investment appeal.*

УДК 622.7:622.342

Г. В. СЕДЕЛЬНИКОВА, А. И. РОМАНЧУК (ФГУП «ЦНИГРИ»)

## ПЕРЕРАБОТКА РУД БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Г. В. СЕДЕЛЬНИКОВА,  
зам. директора, д-р техн. наук



А. И. РОМАНЧУК,  
зав. отделом,  
канд. техн. наук

*Приведены результаты исследований по созданию эффективных технологий переработки руд благородных и цветных металлов с применением методов фотометрической сепарации, бактериального и кучного выщелачивания, энергетических воздействий.*

*Ключевые слова: руды благородных и цветных металлов, аналитические и технологические исследования, фотометрия, биогидрометаллургия, энергетические воздействия.*

В ходе проведения геологоразведочных работ (ГРР) на благородные и цветные металлы выполняют исследования по оценке качества минерального сырья.

В связи с исчерпанием запасов легкообогатимых руд, характеризующихся относительно простым вещественным составом, существенное значение приобретает проблема вовлечения в промышленную эксплуатацию бедных и труднообогатимых руд, при изучении которых следует применять инновационные методы анализа и технологии переработки.

### Методики определения достоверного содержания золота в рудах

С целью повышения достоверности аналитических данных о содержании благородных металлов в рудах разведываемых месторождений (золото, серебро и шесть платиновых металлов) в последние годы в ЦНИГРИ разработаны и метрологически аттестованы современные методики анализа, основанные на сочетании пробирного концентрирования из представительной навески (50 г) или химического вскрытия металлов (навеска 5–10 г) с последующим высокочув-

ствительным определением содержания металлов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, атомной абсорбции или рентгенофлуоресценции. Кроме того, разработана и метрологически аттестована методика ускоренной пробирной низкотемпературной плавки с использованием высокорекреационной шихты для повышения полноты вскрытия металлов из трудноокисляемых руд (хромитов, высокосульфидных, углеродистых и др.). Методики внедрены в практику массового анализа геологических проб и внешнего контроля в ходе ГРР на благородные металлы.

При опробовании рудных месторождений решается задача учета крупного золота, которое неравномерно распределяется в процессе сокращения геологических проб и отбора навесок для выполнения пробирных анализов («эффект самородка»). При разведке рудных месторождений золота отбирают большое число буровых проб, масса которых, как правило, не превышает 10 кг. Содержание золота в пробах обычно определяют традиционным пробирным методом. Для устранения влияния «эффекта самородка» в ЦНИГРИ разработана и применяется методика предварительного концентри-



рования свободного золота из укрупненных навесок. На рис. 1 приведена схема проведения исследований и применяемое оборудование.

Методика основана на гравитационном выделении свободного золота из измельченных проб руд в концентрат небольшой массы, который полностью поступает на пробирный анализ. Хвосты гравитационного обогащения характеризуются равномерным распределением золота, поэтому их пробоподготовка и анализ осуществляются традиционными методами. Содержание золота в исходной руде рассчитывают по балансу металлов [1].

Применение методики гравитационного концентрирования позволяет исключить влияние «эффекта самородка» и существенно увеличить точность определений. Опыт практической реализации рекомендуемой технологической и аппаратурной схемы свидетельствует о возможности ее применения при массовом анализе руд золота и продуктов их обогащения.

Методика предварительного гравитационного концентрирования была рекомендована для проведения анализа геологических проб руд Наталкинского месторождения. По результатам доразведки месторождения с применением разработанной методики запасы золота были увеличены на 200 т.

#### Технологическая оценка руд

С целью ускорения работ по технологической оценке руд новых объектов проводят поиск объекта-аналога и анализируют технологические показатели переработки руды аналогичного состава. В ЦНИГРИ создана база данных по технологиям переработки руд благородных и цветных металлов, объединяющая в едином информационном массиве сведения о геологической характеристике объектов, вещественном составе руд, технологических свойствах, схемах и показателях переработки руд.

Разработана методика проведения экспериментальных исследований по технологической оценке руд благородных и цветных металлов, предусматривающая выполнение следующих видов работ: определение содержания полезных и попутных компонентов и вредных примесей, фазового состава благородных и цветных металлов, минерального состава руд, крупности и морфологии золота, гранулометрического состава руд и вещественного состава отдельных классов крупности после операций дробления и измельчения и др. С учетом полученных данных экспериментально проверяют различные методы обогащения руд и переработки концентратов: предварительной сортировки, гравита-

ционного, флотационного и магнитного обогащения, прямого и сорбционного цианирования, кучного и бактериального выщелачивания и их сочетания. На основании полученных результатов выбирают наиболее эффективную технологию извлечения благородных и цветных металлов.

#### Предварительное обогащение методом фотометрической сепарации

Наблюдаемое снижение содержания золота в рудах перспективной добычи стимулирует работы по внедрению в отрасли современных методов крупнокусковой сепарации.

В последние годы благодаря интенсивному развитию компьютерных технологий и цифровой фототехники появились фотометрические сепараторы (ФМС) нового поколения с высоким уровнем распознавания объектов по цветовым характеристикам, позволяющие сортировать руду крупностью от 5 до 300 мм с производительностью до 380 т/ч.

С применением фотометрической установки GemStar 600 в ЦНИГРИ проводят исследования по крупнокусковой сепарации руд золота с получением и последующим глубоким обогащением концентратов. Среди изученных объектов — месторождения Сухой Лог, Агинское, Петропавловское, Токур, Лобаш и др.

В качестве примера в таблице приведены показатели переработки руды месторождения Сухой Лог по комбинированной технологической схеме, включающей: фотометрическую сепарацию крупнокусковой руды;

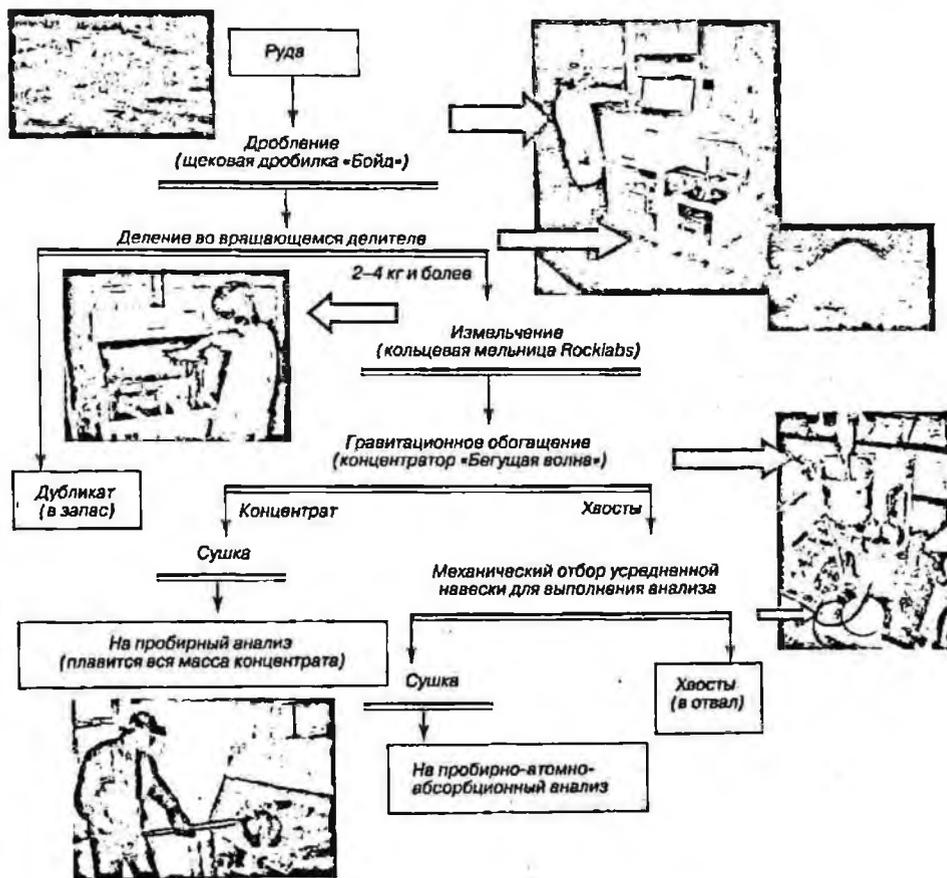


Рис. 1. Схема подготовки проб и определения содержания золота по балансу металлов в продуктах обогащения



Показатели переработки руды месторождения Сухой Лог по комбинированной технологической схеме с предварительной фотометрической сепарацией

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, г/т		Извлечение, %	
		Au	Ag	Au	Ag
<i>Фотометрическая сепарация руды</i>					
Концентрат фотометрической сепарации	53,42	5,82	3,84	93,95	82,0
Хвосты фотометрической сепарации	46,58	0,43	0,96	6,05	18,0
Исходная руда, всего	100,0	3,31	2,50	100,0	100,0
<i>Обогащение концентрата фотометрической сепарации по гравитационно-флотационной схеме</i>					
Объединенный концентрат	5,3	56,17	20,86	91,77	44,23
Хвосты	48,12	0,15	1,96	2,18	37,77
<i>Сорбционное цианирование гравитационно-флотационного золотосульфидного концентрата</i>					
Извлечено на смолу				46,42	34,41
Хвосты цианирования	5,3	0,66	1,80	1,05	3,83
Суммарное технологическое извлечение				90,09	40,40

дробление и измельчение продукта фотометрической сепарации; его гравитационное обогащение с получением «золотой головки» и золотосульфидного концентрата; флотационное доизвлечение золота из гравитационных хвостов; сорбционное цианирование объединенного гравитационно-флотационного концентрата.

Главным рудным минералом и основным концентратом золота в рудах месторождения Сухой Лог является пирит, в котором золото присутствует в виде включений различной крупности. Наиболее золотосодержащими являются относительно крупные (0,7–2 см) кварц-пиритовые прожилки. Вмещающие породы представлены углеродистыми алевросланцами. Указанные особенности минерального состава являются благоприятными для предварительного крупнокускового обогащения руды методом фотометрической сепарации, в результате применения которой в отвальные хвосты, содержащие 0,43 г/т золота, выделено 46,58 % материала.

Выполненные в ЦНИГРИ технико-экономические расчеты свидетельствуют о существенном снижении эксплуатационных затрат в случае переработки руд



Рис. 2. Показатели извлечения благородных металлов из упорных концентратов Майкopsкого (I), Кутайнского (II) месторождений и Верхне-Качанской зоны Декдеспского рудного района (III) при бактериальном выщелачивании

месторождения Сухой Лог с предварительной крупнокусковой фотометрической сепарацией [2]. Целесообразность применения данной технологии на рудах конкретных объектов должна решаться на основании экспериментальных исследований и детальных технико-экономических расчетов.

### Биогидрометаллургическая переработка упорных руд и концентратов

Значительные запасы золота в РФ находятся в крупных месторождениях упорных золотосодержащих руд, большинство из которых являются резервными (Майское, Неждановское, Кючусское и др.) и не осваиваются в связи с отсутствием эффективной, экологически безопасной технологии извлечения благородных металлов. В упорных золотосульфидных рудах и получаемых при их обогащении кон-

центратах золото представлено в основном тонкодисперсными и субмикроскопическими формами в тесной ассоциации с сульфидами, главным образом с арсенопиритом и пиритом, что делает малоэффективным извлечение его традиционным цианидным процессом: при цианировании упорных концентратов извлекается 10–50 % золота. В мировой практике при разработке и выборе технологических процессов извлечения золота из упорного сырья предпочтение отдается биогидрометаллургической технологии, которая обеспечивает достижение высоких технико-экономических показателей и исключает загрязнение окружающей среды. В настоящее время в мире работают свыше 20 биогидрометаллургических заводов для извлечения золота из упорного сырья. Впервые в России эта технология успешно внедрена на Олимпиадинской золотоизвлекательной фабрике ЗАО «Полюс».

Применительно к разведываемым месторождениям в ЦНИГРИ разрабатывают технологии биогидрометаллургической переработки упорных концентратов различного вещественного состава [3]. Основной задачей исследований является повышение извлечения

благородных металлов при одновременном сокращении продолжительности бактериального выщелачивания за счет более полного окисления основных золотосодержащих сульфидов, в том числе наиболее упорного — пирита. Научно обоснованный выбор микроорганизмов применительно к составу исследуемых концентратов и создание ассоциаций

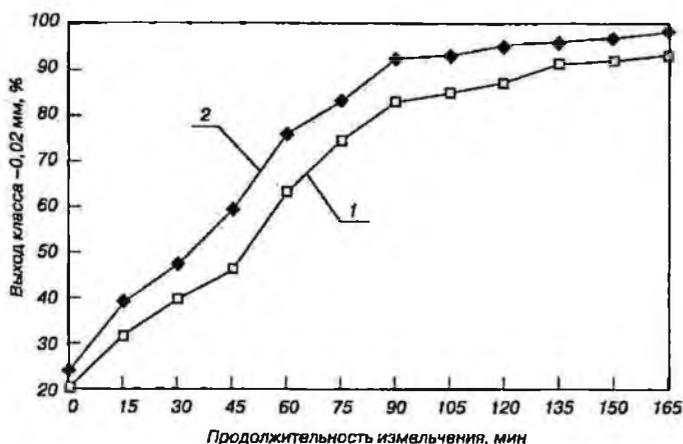


Рис. 3. Зависимость выхода класса  $-0,02$  мм от продолжительности измельчения флотационного концентрата: 1 — без магнитно-импульсной обработки; 2 — после обработки



Рис. 4. Изменение показателей цианирования золотосодержащей руды во времени: 1 — без ультразвуковой обработки; 2 — с обработкой

наибольшей эффективностью осуществлять окисление сульфидов и всех промежуточных соединений, образующихся при бактериальном выщелачивании концентратов. Полнота окисления названных составляющих во многом определяет технологические параметры гидрометаллургических процессов извлечения благородных металлов и обезвреживания отходов и в целом — технико-экономические показатели переработки концентратов.

Для бактериального окисления сульфидных концентратов рекомендуются ассоциации ацидофильных хемолитотрофных микроорганизмов, включающие умеренно термофильные: *Acidithiobacillus*, *Leptospirillum*, *Sulfobacillus* и *Ferroplasma*. Установлено, что использование ассоциаций значительно повышает скорость и полноту окисления сульфидов и промежуточных продуктов.

Разработана двухстадийная схема, предусматривающая различный температурный режим бактериального выщелачивания сульфидных минералов, входящих в состав исследуемых концентратов. Определены оптимальные параметры и показатели процес-

сов биоокисления и гидрометаллургической переработки продуктов окисления, осаждения мышьяка из бактериальных растворов и обезвреживания хвостов цианирования продуктов биоокисления. Разработанные в ЦНИГРИ технологические схемы и режимы биогидрометаллургической технологии проверены в непрерывном режиме применительно к концентратам различных месторождений — Майского, Албазинского, Кючусского, Кутынского, Верхне-Хатчанского, Змеиног и др. Во всех случаях продолжительность биовыщелачивания была снижена со 120 до 90–70 ч по сравнению с ранее разработанной одностадийной схемой. При этом степень окисления арсенипирита достигла 98–99, пирита — 70–83 %. Извлечение золота в процессе сорбционного цианирования твердых продуктов биоокисления упорных концентратов различных месторождений находилось на уровне 94–98 % (рис. 2). В процессе биогидрометаллургической переработки мышьяк переводится в нетоксичные соединения (труднорастворимые арсенаты железа), пригодные к складированию в хвостохранилище.

### Энергетические воздействия

Среди упорных руд встречаются объекты, в которых золото частично (до 10–30 %) находится в упорной форме. В ходе традиционной переработки таких руд цианированием извлечение золота не превышает 70–85 %. При обогащении богатых руд содержание золота в хвостах может достигать 1,5–2 г/т, что сопоставимо с содержанием его в бедных рудах.

Для повышения извлечения золота цианированием применяют предварительную дезинтеграцию материала. Эффективное раскрытие минеральных комплексов может быть достигнуто различными методами. Наиболее распространенный путь — применение ультратонкого измельчения (20–10 мкм и менее), которое осуществляется в мельницах (истирателях) нового поколения. Однако тонкое и ультратонкое измельчение требует большого расхода электроэнергии (10–60 кВт·ч/т).

Одним из перспективных направлений дезинтеграции минерального сырья является применение малоэнергоемких технологий на основе энергетических воздействий [4]. Экспериментально установлено, что предварительная обработка сырья мощными электромагнитными импульсами, сверхвысокочастотным

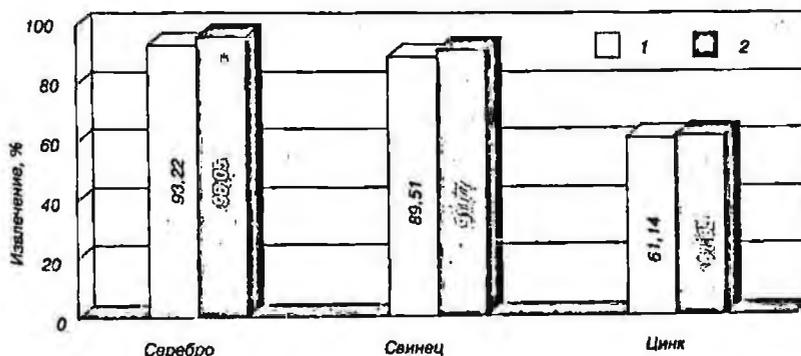


Рис. 5. Извлечения металлов при флотации полиметаллической серебросодержащей руды: 1 — без ультразвуковой обработки; 2 — с обработкой



полем, магнитно-импульсным воздействием позволяет значительно повысить эффективность процессов рудоподготовки (дробления, измельчения) и обогащения (гравитационного и флотационного методов, цианирования) за счет разупрочнения и последующего раскрытия минеральных комплексов, образования микротрещин. Технология с использованием электрофизических воздействий является экологически безопасной и энергосберегающей. Удельные энергетические затраты на обработку 1 т минерального сырья составляют от 0,1 до 3 кВт·ч.

На рис. 3 показано, что предварительная магнитно-импульсная [5] обработка при расходе электроэнергии 0,1–0,5 кВт·ч/т позволяет повысить выход готового класса крупности и, как следствие, увеличить производительность измельчительного оборудования.

С применением современного ультразвукового оборудования, разработанного предприятием «Александра-Плюс», показана возможность интенсификации процессов переработки минерального сырья в жидких средах. Ультразвуковое воздействие так же, как и вышеупомянутые методы энергетической обработки, приводит к разупрочнению минеральных комплексов и, кроме того, позволяет дополнительно очистить поверхность минералов. В ЦНИГРИ проведены исследования и установлена перспективность использования ультразвуковой обработки минерального сырья в процессах цианирования и флотации руд цветных металлов.

Результаты исследований (рис. 4) свидетельствуют, что применение ультразвуковой обработки в процессе цианирования золотосодержащей руды позволяет увеличить извлечение золота с 63,7 до 84,8 %, при этом содержание металла в хвостах соответственно снижается с 2,8 до 1,18 г/т.

Предварительная ультразвуковая обработка позволяет также снизить потери серебра, свинца и цинка при флотации полиметаллической серебросодержащей руды (рис. 5).

За последние пять лет разработаны, метрологически аттестованы пять методик определения содержания золота, серебра и платиновых металлов в горных породах и рудах. Аналитическим центром ЦНИГРИ выполнены рядовые, контрольные, арбитражные и сертификационные анализы геологических, технологических и других видов проб, общее число выполненных анализов составляет свыше 200 тыс.

Проведена технологическая оценка свыше 60 объектов минерального сырья благородных и цветных металлов, расположенных на Урале, Алтае, полуострове Ямал, Северо-Востоке, Северном Кавказе, в Якутии и других регионах страны. Проведена переоценка нераспределенного фонда недр ранее разведанных месторождений. Разработаны эффективные технологические схемы переработки золотосодержащих руд месторождений, подготавливаемых к эксплуатации (Сухой Лог, Наталкинское, Кючусское, Неждановское и др.). Усовершенствована технология извлечения золо-

та на действующих золотоизвлекательных фабриках (Дуэтской, Бадран, Агинской и др.).

Разработанные методики анализа и технологии переработки руд заложены в геологические проекты для обоснования дальнейших геологоразведочных работ на объектах благородных и цветных металлов, при расчете прогнозных ресурсов золота, при подсчете или пересчете запасов руд, а также при разработке технологических регламентов и проектировании промышленных предприятий, при реконструкции действующих золотоизвлекательных фабрик.

#### Библиографический список

1. Романчук А. И., Никулин А. И., Жарков В. В., Коблов В. В. Технология и технические средства для извлечения свободного золота из проб золотосодержащих руд // Горный журнал. — 2003. — № 12.
2. Мигачев И. Ф., Карпенко И. А., Петраш Н. Г. Об актуальности и основных аспектах глубокой переоценки крупных и уникальных рудных месторождений // Руды и металлы. — 2008. — № 2.
3. Седельникова Г. В., Савари Е. Е., Ким Д. Х. Использование биотехнологии — перспективный путь вовлечения в эксплуатацию месторождений с упорными рудами золота // Горный журнал. — 2006. — № 10.
4. Чантурия В. А., Бунин И. Ж., Лунин В. Д. и др. Использование мощных электромагнитных импульсов в процессах дезинтеграции и вскрытия упорного золотосодержащего сырья // ФТПРПИ. — 2001. — № 4.
5. Гончаров С. А., Крылова Г. С., Седельникова Г. В. и др. Применение магнитно-импульсной обработки золотосодержащих руд и концентратов при их цианировании // Горный журнал. — 2006. — № 10.

Седельникова Галина Васильевна,  
тел.: (499) 613-68-22  
Романчук Александр Ильич,  
тел.: (499) 613-59-54

#### PROCESSING OF ORES OF PRECIOUS AND NON-FERROUS METALS WITH APPLICATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Sedelnikova G. V., Romanchuk A. I.

Research results of researches on creation of high performance technologies of processing of ores of precious and non-ferrous metals with application of photometric separation, bacterial and heap leaching, power influences are presented.

**Key words:** ores of precious and non-ferrous metals, analytical and technological researches, photometry, bio-hydrometallurgy, power influences.

УДК 553.065:553.495(575)

Д. Н. ИВАНОВ

## НОВАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ РУДОПОДВОДЯЩЕГО КАНАЛА И ЕЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УРАНА И ДРУГИХ МЕТАЛЛОВ



Д. Н. ИВАНОВ,  
старший научный сотрудник ВИМС  
(до 1994 г.)

*Представлены разработанная автором модель образования рудоконтролирующего флюидоподводящего канала, примеры ее использования и обоснование возможности расширения на этой основе минерально-сырьевой базы урана и других металлов.*

*Ключевые слова: поисковые критерии, прогнозно-поисковые работы, месторождения гидротермального генезиса, металлогения, флюидоподводящие каналы, локальная геодинамика, геодинамическая модель, разломы, сдвиг, надвиг.*

Успешное развитие минерально-сырьевой базы любых полезных ископаемых возможно лишь при использовании для их поисков научно обоснованных поисковых критериев, для разработки которых должны быть выявлены и хорошо аргументированы причинно-следственные связи оруденения нужных типов с геологическими особенностями, предлагаемыми в качестве таких критериев.

Основу сырьевой базы урана и ряда других металлов и в России, и в мире составляют месторождения гидротермального генезиса, преимущественно средне- и низкотемпературные, каковыми являются, в частности, месторождения наиболее крупных ураново-рудных районов России — Эльконского и Стрельцовского. Гидротермальная концепция является наиболее обоснованной и для ведущих типов урановых месторождений мира: так называемых типа несогласия, песчаникового типа и комплексных U-Au-Cu-месторождений (типа Олимпик-Дам).

Для месторождений названного генезиса в пределах определенной металлогенической провинции ведущими поисковыми критериями являются структурные. Но часто встречающиеся в публикациях выводы о том, что такие месторождения образуются в узлах пересечения разломов, не следует считать надежным поисковым критерием, так как таких пересечений разломов на картах бывают многие десятки, а рудоносными из них оказываются считанные единицы, что связано с различиями разломов по масштабу, возрасту и кинематике, а эти характеристики далеко не всегда бывают отражены на картах. Более того, часто само наличие разлома не подтверждается.

Другой аспект структурных поисковых критериев связан с известными данными о том, что флюидная проницаемость полых каналов (в геологии — открытых разломов и трещин) до трех и более порядков превышает поровую проницаемость любых пород и растет пропорционально квадрату раскрытия трещин. Также известно, что раскрытие (зияние) разломов и трещин возникает в геодинамической обстановке растяжения, что, несомненно, послужило поводом для многочисленных публикаций

последних десятилетий, авторы которых связывают эндогенную рудоносность различных территорий с проявлением на них процессов рифтогенеза соответствующих этапов. При этом упускают из виду, что вся классическая металлогения возникла на базе изучения рудоносности складчатых поясов, т. е. обстановок регионального сжатия. В то же время факт проявления процесса рифтогенеза они обычно просто декларируют и либо вообще не аргументируют, либо приводят неоднозначные аргументы.

Между тем геодинамическое растяжение вовсе не ограничивается рифтогенезом, т. е. *региональным горизонтальным растяжением*. Автором в начале 1980-х годов была предложена геодинамическая модель образования рудоконтролирующего флюидоподводящего канала в обстановке *регионального горизонтального сжатия* при тектонической активизации консолидированной континентальной коры [1]. Такой канал создается в этом случае вторичными вертикальными силами растяжения, производными от горизонтального сжатия. Модель показала высокую эффективность при ее пробном использовании в прогнозных целях, однако по ряду причин развернутая публикация и дальнейшая разработка ее задержались. В настоящее время она в обновленном варианте изложена в работе [2], поэтому в настоящей статье дается ее сокращенное описание.

Тектонотипом модели послужило урановое месторождение Сугралы в Центрально-Кызылкумской (ЦКК) провинции Узбекистана. Хотя это месторождение относят к ведущему для региона пластово-инфильтрационному типу, оно было первым, на котором доказано участие гидротермальных процессов в образовании богатых первичных руд [3, 4], что позволило использовать его для выявления возможного структурного контроля месторождений этого типа. Молодой (альпийский) возраст этого первичного оруденения и сопутствующей ему гидротермальной минерализации, наложенных на породы верхнего мела и палеогена, допускает их связь только с новейшим тектоническим этапом. В это время территория провинции оказалась в периферийной, суборогенной зоне Центрально-

Азиатского коллизийного орогена, что однозначно определяет региональную геодинамическую обстановку как горизонтальное сжатие в субмеридиональном направлении.

Месторождение расположено в южной части Бешбулакского прогиба, у подножия надвинутого на последний с юга поднятия Тамдытау, сложенного на поверхности породами докембрийского фундамента. Площадь рудного поля двумя основными разломами делится на три блока: разделенные широтным надвигом поднятый (*u*) и опущенный (*d*) блоки и отделенный от них Чарыктинским взбросом сдвигом СЗ-простирающийся западный, не затронутый движениями по надвигу блок (*s*) (см. рисунок, а). Оба разлома имеют согласованное смещение, образуя динамопару. Практически все первичные руды месторождения локализованы вдоль составляющих ветвей Чарыктинского разлома по обе стороны от них в юго-восточной части названного разлома, прилегающей к надвигу.

Анализ локальной геодинамики участка показал, что активная внешняя сила регионального горизонтального сжатия  $F_0$ , разлагаясь на плоскости надвига на две составляющие, нормальную  $F_n$  и касательную  $F_k$  к плоскости надвига, приложенные, соответственно, к опущенному и поднятому блокам, вызывает их перемещение: аллохтона (блока *u*) — вперед и вверх, а автохтона (блока *d*) — опускание, вдавливание вниз (см. рисунок, б). Эти вертикальные компоненты смещения блоков вызываются разнонаправленными вертикальными составляющими названных выше сил, производных от регионального горизонтального сжатия. К этим силам добавляется дополнительная гравитационная нагрузка продвинутого аллохтона и ответная реакция автохтона (по законам изостазии).

Важно подчеркнуть, что эти вертикальные силы и созданные ими перемещения не затрагивают третий — западный блок, условно названный поэтому «стабильным» (блок *s*). В работе [2] показано, что создающаяся в анализируемом структурном узле геодинамическая обстановка сопоставима с обстановкой образования складок поперечного изгиба под воздействием жесткого штампа, изучавшейся М. В. Гзовским [5], который показал возникновение в этом процессе открытых, зияющих разломов (за счет действия вертикальных растягивающих сил, создаваемых жестким штампом). В качестве такого штампа в анализируемом нами случае действуют блоки *d* и *u*, причем, если давление блока *d* направлено, как и в эксперименте М. В. Гзовского, снизу вверх, то блока *u* — сверху вниз, что создает, по мнению автора, смену направления падения, как бы «излом» проникаемого разлома по линии его пересечения с надвигом (см. рисунок, в).

Таким образом, исследованный М. В. Гзовским механизм вертикального растяжения с образованием раскрытого, легко проникаемого разлома действует и в рассматриваемом случае, накладываясь на сдвиговую зону, на локальном участке которой в силу этого возникает раскрытие разлома, превращающее его в эффективный флюидопроводник. Это раскрытие разлома проникает на весьма значительную глубину, что и определяет его роль как выводящего канала для гидротермальных растворов и других глубинных флюидов.

Дополнительной причиной для выбора месторождения Сугралы в качестве тектонотипа модели послужило то обстоятельство, что контролирующий его структурный

узел является простейшим, можно сказать, элементарной ячейкой, состоящей из минимального числа слагающих элементов, что облегчило расшифровку его геодинамики. Автором теоретически рассмотрены и частично проверены на практике более сложные узлы, состоящие из большего числа элементов — разломов и блоков, различающихся как морфологией, так и взаиморасположением, а следовательно, и структурными рисунками. Предварительно выделено 13 типов таких узлов, в каждом из которых создаются условия для возникновения и функционирования канала-флюидопроводника. В дальнейшем

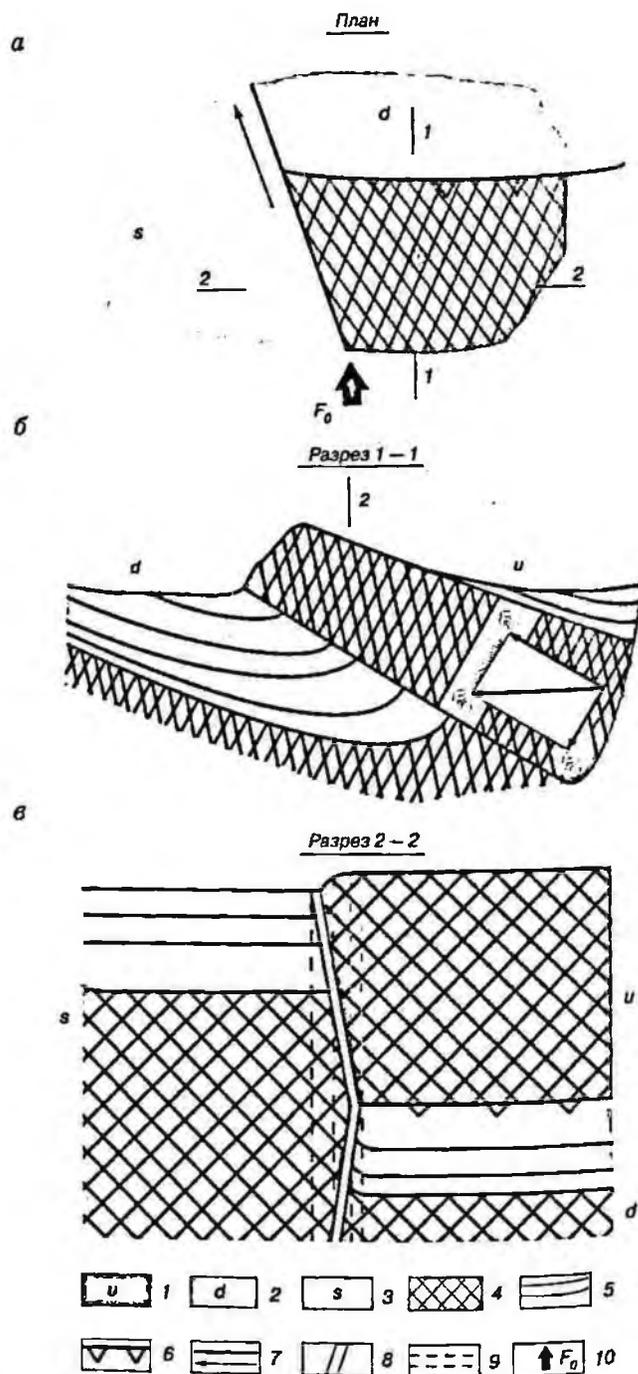


Схема тектонической структуры рудного узла и рудоподводящего канала:

1 — поднятый (аллохтонный) блок; 2 — опущенный (автохтонный) блок; 3 — «стабильный» блок; 4, 5 — отложения, соответственно, складчатого фундамента и платформенного чехла; 6 — надвиг; 7 — сдвиг; 8 — раскрытый участок на сдвиге — флюидопроводящий канал; 9 — зона сжатия; 10 — сила сжатия  $F_0$ .

возможно расширение этого «набора» за счет новых, ранее не учтенных разновидностей структур. Примером такого, более сложного узла может служить Зиятдинское поднятие на юге ЦКК-провинции, на склонах которого расположены два урановых месторождения — Кетменчи и Северный Майзак.

Пример ЦКК-провинции показывает, что в непосредственной близости от подводящего канала оруденение локализуется нечасто. Месторождение Сугралы оказалось как раз таким исключением, когда связь первичного оруденения с подводющим каналом проявилась наиболее четко. Из классической литературы по структурам рудных полей и месторождений известно, что гидротермальное оруденение локализуется, как правило, не в подводящем канале, а в связанных с ним структурах более высоких порядков. Это касается и руд месторождений кызылкумского типа, локализуемых в проницаемых песчаных породах и подвергающихся переотложению зонами пластового окисления. Тем не менее и в этом случае структурный контроль имеет место, хотя осуществляется только в ранге рудного узла или рудного поля. Применительно к типичным гидротермальным месторождениям, локализуемым в скальных породах, при проведении поисков в районе предполагаемых рудоподводящих каналов предстоит учитывать (как и всегда) наличие и размещение рудораспределяющих и рудовмещающих структур и пород, геохимических барьеров рудоотложения и т. д.

Для иллюстрации эффективности применения предложенной модели в прогнозно-поисковых целях ниже приведены некоторые примеры.

На ранней стадии разработки модели урановое месторождение Северный Майзак еще не было открыто, но участок выдвигался автором в качестве перспективного на основании анализа его тектонического строения. Прогноз подтвердился сразу: месторождение было открыто попутными поисками при проведении структурного бурения организацией «Каршинефтегазразведка». Также на основании структурного анализа был выделен (в отчете 1980 г.) перспективный, по версии автора, участок в Сырдарьинской провинции, на котором спустя два года при систематическом опосковании территории по традиционной методике было выявлено уранованадиевое месторождение Жоуткан.

Совершенно закономерным представляется размещение урановых месторождений типа несогласия во впадине Атабаска (Канада). Подавляющее их число, в том числе все наиболее крупные и уникальные, расположены цепочкой вдоль восточного замыкания впадины, явно связанного с поперечными к простиранию впадины сдвигами С—СВ-простирания — Кри-Лейк и Нидл-Фолс, между которыми и параллельно им даже по опубликованным мелкомасштабным схемам может быть намечен еще один, столь же крупный разлом, с которым связаны оба месторождения-гиганта — Мак-Артур и Сигар-Лейк и еще одно, меньшее по масштабу, — Кри-Лейк. Обращает на себя внимание и западное, такое же спрямленное замыкание этой впадины, образованное разломом Блек-Бей, что позволяет, по мнению автора, считать его столь же перспективным, как и восточное.

Предложенная геодинамическая модель образования рудоподводящего канала дает объяснение связи эн-

догенного оруденения со многими известными рудоконтролирующими структурными обстановками (фланговые окончания впадин и поднятий, флексурные изгибы их бортов и др.), хотя и не исчерпывает все возможные их типы. Она объясняет также многие особенности проявления скрытых поперечных (рудоконцентрирующих) разломов и механизм контроля ими оруденения. Даже небольшой пока опыт применения этой модели в прогнозных целях показал ее высокую эффективность и целесообразность использования ее в качестве средне-масштабного поискового критерия. По оценке автора, она позволит, как минимум, в 2–3 раза повысить достоверность прогнозов гидротермального оруденения и, соответственно, во столько же раз снизить затраты на поисковые работы (в расчете на одно выявленное месторождение).

Для регионов Узбекистана, Южного Казахстана, Западного Туркменистана, где урановое оруденение связано с новейшей орогенной тектонической активизацией, применение рассмотренной модели позволит уже сейчас локализовать районы поисковых работ до размеров не более 1–1,5 тыс. км<sup>2</sup>, с перспективой относительно быстрой дальнейшей локализации на основе известных ранее и новых поисковых критериев и признаков.

Для других определившихся ураново-рудных провинций с неоднократной и разновозрастной тектонической активизацией (таких, как юг Сибирской платформы и ее обрамление) необходимо предварительное районирование территорий: по возрасту тектонической активизации — новейшей, ранне- и позднемезозойской и т. д., и по геодинамическому критерию, с выделением площадей с орогенной (сжатие) и рифтогенной (растяжение) активизацией. К первым может быть применена та же модель, а вторые требуют сначала надежных научных доказательств как самой рифтогенной природы активизации, так и связи с ней уранового оруденения, а затем (при получении таких доказательств) — разработки аналогичных среднемасштабных структурных критериев локализации оруденения. Попутно при такой организации прогнозно-поисковых работ может быть выявлено оруденение других металлов, имеющее аналогичный структурный контроль и часто сопутствующее урану, — золота, молибдена и др.

#### Библиографический список

1. Иванов Д. Н. Структурный контроль стратиформных эпигенетических урановых месторождений в области новейшей тектонической активизации : сб. «Условия образования редкометалльных и свинцово-цинковых стратиформных месторождений». — М., 1982.
2. Иванов Д. Н. Локальная геодинамика образования рудоконтролирующего флюидоподводящего канала (на примере уранового месторождения Сугралы) : сб. тр. II международного симпозиума «Уран: ресурсы и производство». — М. : ВИМС, 2009.
3. Булатов С. Г., Щеточкин В. Н. Особенности рудообразующего процесса на урановых месторождениях пластовой кислородной зональности // Советская геология. — 1970. — № 4.

4. Булатов С. Г., Щеточкин В. Н. Минералого-геохимические особенности уранового оруденения, наложенного на окисленные породы. // Изв. АН СССР, сер. «Геология». — 1975. — № 6.
5. Белоусов В. В., Гзовский М. В. Экспериментальная тектоника. — М.: Недра, 1964. □

Иванов Дмитрий Николаевич,  
e-mail: gamateur@mail.ru

LATE MODEL OF THE CHANNEL-WAY AND ITS POSSIBILITY FOR EXPANSION OF MINERAL-RAW-MATERIAL BASE OF URANIUM AND OTHER METALS

Ivanov D. N.

Model of creation of ore control vibe lead-in channel developed by the author, examples of its usage and substantiation of possibility of expansion on this basis of mineral-raw-material base of uranium and other metals are presented.

*Key words: forecasting exploration works, search criteria, deposits of hydrothermal genesis, breaks, vibe lead-in channels, geodynamics, metallogeny, fault, overstep, cataclasis, geodynamic model.*

УДК 553.59.045.3

А. В. БАРХАТОВ (Минэкономразвития Республики Карелия)  
В. В. ЩИПЦОВ (Институт геологии Карельского научного центра РАН)  
А. М. АНИСИМОВ (ООО «Энергоресурс»)

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТАЛЬКОВОГО КАМНЯ И ТАЛЬКА В КАРЕЛИИ



А. В. БАРХАТОВ,  
главный специалист



В. В. ЩИПЦОВ,  
директор,  
д-р геол.-минерал. наук



А. М. АНИСИМОВ,  
генеральный директор

*Представлена минерально-сырьевая база и показана перспективность освоения месторождений талька и талькового камня Карелии.*

*Ключевые слова: тальковый камень, тальк, месторождения, освоение, технико-экономическая оценка.*

На территории Республики Карелия и Финляндии (в восточной части страны) месторождения и проявления талькового камня и талька расположены в границах Карельского кратона — одной из докембрийских мезоструктур Фенноскандинавского щита и приурочены, как правило, к гранит-зеленокаменным областям. При этом территория российской Карелии по геологическим и геофизическим условиям более перспективна с позиции потенциальной минерально-сырьевой базы.

Тальковый камень обладает высокими параметрами теплоемкости, термостойкости и мягким, очень приятным тепловым излучением, он легко обрабатывается и долговечен. Благодаря своим свойствам камень широко используется в качестве облицовочного материала в архитектуре, а также при производстве печей и каминов.

Высокие теплотехнические свойства талькового камня позволили специалистам ООО «Энергоресурс» создать энергосберегающие отопительные приборы нового поколения — стационарные термоаккумуляторы, потребляющие электроэнергию в ночное время.

Тальковый камень имеет две главные разновидности — тальк-карбонатная порода и тальк-хлоритовый сланец. В практическом отношении к наиболее качественным природным термоаккумулирующим продуктам относится тальк-карбонатная порода.

К настоящему времени выявлено около 20 проявлений и месторождений тальк-хлоритового сланца в центральных районах Карелии, на территории административного подчинения г. Костомукша. На этих площадях также обнаруживаются и тальк-карбонатные породы.

Институт геологии Карельского научного центра РАН осуществляет подготовку природных объектов с проявлениями талькового камня на территории Республики Карелия к освоению. Проведены поисково-оценочные работы на участке «Озерки» — территории, административно подчиненной г. Костомукша. Обладателем лицензии на право подготовки к освоению данного объекта является ЗАО «ИНКОД».

В рамках российско-финского проекта ТАСИС (TACIS CBC SPF 061-188/38) была разработана «Модель сотрудничества в сфере камнеобработки промышленности Еврорегиона «Карелия», которая стала основой для выбора перспективных площадей.



Естественные выходы талькового камня на территории месторождения Каллинево-Мурреневара (Центральная Карелия)

Основными партнерами являлись Региональный Союз Кайнуу (Финляндия) и администрация г. Костомукша.

Подписан Меморандум о сотрудничестве между Tulikivi Group и Институтом геологии Карельского научно-го центра РАН в области геологии талькового камня и развития технологий. По выданной финской компании лицензии и в соответствии с соглашением проведена до-разведка известного месторождения талькового камня Турган-Койван-Аллушта на южном берегу оз. Сегозера (Медвежьегорский район).

Тальк и микротальк являются востребованными на мировом рынке продуктами минерального сырья.

Основными их потребителями являются целлюлозно-бумажная, лакокрасочная, керамическая, пластмассовая, резиновая, медицинская, парфюмерная и другие отрасли промышленности.

В чистом виде тальк имеет химическую формулу  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ . Твердость по шкале Мооса составляет 1.

Тальк — уникальный минерал, пластинчатый по структуре и гидрофобный по природе. Основными его физико-химическими свойствами являются чешуйчатая структура, мягкость, белизна, гидрофобность, атмосферостойкость, кислото- и термостойкость, химическая инертность, высокая температура плавления. Кроме того, тальк обладает хорошими диэлектрическими и абсорбирующими свойствами.

В европейской части России Республика Карелия является единственной геологической провинцией, где имеются месторождения и проявления минерала талька.

По минеральному составу месторождения и проявления талька в Карелии объединяются в две группы: апоультрамафитовый тальковый камень и апокарбонатный тальк (талькит).

К наиболее изученным месторождениям и проявлениям талька первого типа относятся Светлоозерское, Рыбозерское и Игнойльское месторождения. Общими чертами всех этих месторождений являются интрузии серпентинизированных дунитов и гарцбургитов покровного типа, в которых обнаруживаются крутопадающие

обогащенные тальком рудные тела мощностью до 200 м. Вмещающими породами, как правило, выступают серпентиниты и хлоритовые сланцы.

Наиболее изучено и подготовлено к разработке Светлоозерское месторождение. Отдельные блоки этого месторождения представляют исходное сырье для производства талька и микроталька, тальковый камень — для производства облицовочного материала и теплоаккумулирующих изделий.

Оцененные запасы и ресурсы тальковых руд Светлоозерского месторождения по категориям  $C_2+P_1+P_2$  составляют 23 млн т. Разведка осуществлена таким образом, что при дополнительном изучении сырья технологическими пробами запасы  $C_2$  можно было бы отнести к категории  $C_1$ . Центральная часть массива готова к эксплуатации без дополнительных геологических изысканий.

Ниже приведены основные показатели технико-экономической оценки Светлоозерского месторождения талька.

Инвестиции (по состоянию на 2009 г.), тыс. долл. США	4413,92
Объем выпуска продукции, тыс. т/год	25
Себестоимость произведенной продукции, тыс. долл. США	2883,6
Балансовая прибыль, тыс. долл. США	1116,4
Выручка от реализации продукции, тыс. долл. США	4000
Налог на прибыль (24 %), тыс. долл. США	267,9
Прибыль предприятия, тыс. долл. США	848,5
Чистый дисконтированный доход, тыс. долл. США	632
Срок окупаемости инвестиций, лет	5
Рентабельность проекта, %	37,1

Учитывая выгодное геополитическое положение на карте России и Европы, общую границу с Евросоюзом (Финляндия), развитые транспортные артерии, наличие огромных ресурсов, можно сделать вывод, что Республика Карелия имеет хорошие перспективы для развития производства талька и талькового камня.

Бархатов Алексей Васильевич,  
e-mail: innov@economy.onego.ru  
Щипцов Владимир Владимирович,  
e-mail: geolog@krc.karelia.ru  
Анисимов Александр Михайлович,  
e-mail: ama@krc.onego.ru

#### CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEPOSIT DEVELOPMENT OF SOAPSTONE AND TALC IN KARELIYA

Barhatov A. V., Shchiptsov V. V., Anisimov A. M.

The mineral-raw-material base is presented. Perspective of deposit development of talc and a soapstone of Kareliya is described.

**Key words:** soapstone, talc, deposits, development, technical and economic estimation.

УДК 622.037:622.271.64

В. Е. КИСЛЯКОВ, А. В. НИКИТИН (Сибирский федеральный университет)

## ПОДГОТОВКА ГЛИНИСТЫХ ПЕСКОВ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ К ДЕЗИНТЕГРАЦИИ УПРАВЛЯЕМЫМ ВОДОНАСЫЩЕНИЕМ



В. Е. КИСЛЯКОВ,  
проф., д-р техн. наук



А. В. НИКИТИН,  
аспирант

Инвестирование проектов освоения большого количества золотоносных россыпей Иркутской, Магаданской, Амурской областей, Красноярского края, Якутии и других регионов России в значительной мере сдерживается сложными горно-геологическими и технико-технологическими условиями их разработки: наличием сплошной или островной мерзлоты и таликов, значительной обводненностью и валунистостью, повышенным содержанием мелкого и тонкого золота и особенно высокой глинистостью песков.

Содержание глинистых включений в песках может достигать 60–70 % в объеме отрабатываемых запасов, а доля таких месторождений в некоторых золотодобывающих регионах составляет 40–60 %. Разработка глинистых песков с применением традиционных технологий характеризуется существенными потерями металла, обусловленными выносом в отвал зерен золота, механически связанных с глиной. При промывке глинистая масса принимает форму окатышей разного диаметра, дезинтегрируясь при дражном способе разработки в среднем на 5–8 %, при использовании промывочных установок типа ПКС — на 20–25 %. По данным опробования драг и промывочных установок в Сибири, потери золота с окатышами могут достигать 95 % в общих технологических потерях металла.

Исследования связности глинистых песков показали, что основополагающим фактором их прочностных характеристик является содержание жидкой фазы, а эффективным

Представлены технологические схемы разработки россыпных месторождений с глинистыми песками, предусматривающие подготовку песков к дезинтеграции методами управляемого водонасыщения, с последующей их вторичной добычей и обогащением.

**Ключевые слова:** россыпные месторождения, глинистые пески, управляемое водонасыщение, подготовка песков к дезинтеграции, вторичная добыча.

способом их разупрочнения — управляемое водонасыщение. На этой основе в настоящее время проводятся работы по созданию нового технологического процесса подготовки глинистых песков россыпных месторождений к дезинтеграции\*. Складирование глинистых песков в воду или затопленные ранее созданных складов способствует их водонасыщению, а регулирование времени нахождения песков под водой позволяет разделить свободную и связанную влагу.

Технологическая схема разработки россыпного месторождения с подготовкой глинистых песков водонасыщением в промежуточном складе (рис. 1) предусматривает их транспортирование и складирование (после выемки из массива) на сухой площадке с уклоном почвы от забоя к месту формирования склада. После заполнения склада до установленных параметров его оконтуривают плотинами и затопляют, формируя в этом технологическом бассейне зону ведения добычных работ. Время передислокации добычного оборудования в технологический бассейн и промывочно-отвального комплекса на плотину определяют по достижении необходимой степени дезинтеграции находящихся в бассейне песков. Отвалы пустых пород формируют за зоной ведения добычных работ.

При подготовке глинистых песков к обогащению вымораживаем и водонасыщаем в промежуточном складе с последующей подводной выемкой весь комплекс работ разделяют на два периода (рис. 2). Вскрышные рабо-

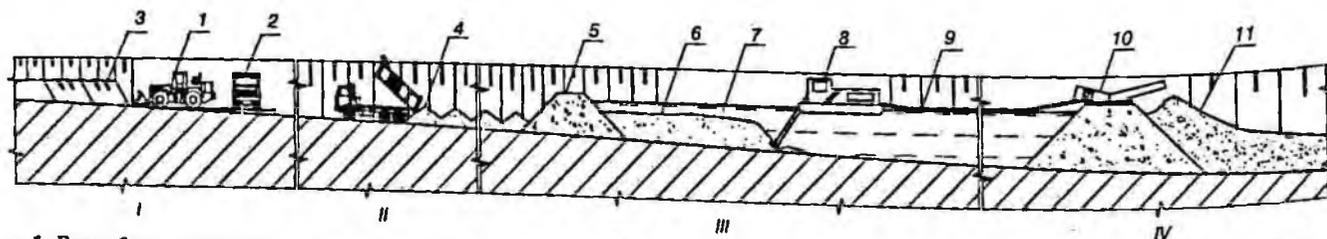


Рис. 1. Разработка россыпного месторождения с подготовкой глинистых песков водонасыщением в промежуточном складе: I — зона выемки песков из массива; II — зона формирования склада песков; III — зона ведения добычных работ; IV — зона отвалообразования; 1 — выемочно-погрузочное оборудование; 2 — транспортное оборудование; 3 — массив песков; 4 — склад песков; 5 — плотина; 6 — склад песков, затопленный водой; 7 — бассейн; 8 — добычное оборудование; 9 — трубопровод на понтонах; 10 — промывочно-отвальное оборудование; 11 — отвал пустых пород

\* Кисляков В. Е. Технология разупрочнения глинистых песков при разработке россыпных месторождений // Золотоносные коры выветривания Сибири: сб. науч. тр. — Красноярск: КНИИГИМС, 2002.

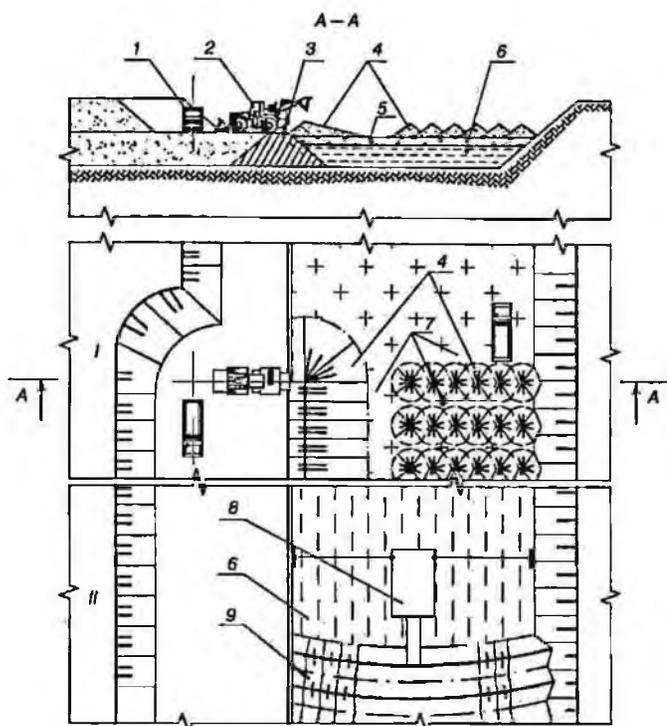


Рис. 2. Технологическая схема подготовки глинистых песков к обогащению вымораживанием и водонасыщением в промежуточном складе, с последующей подводной выемкой: I, II — этапы ведения работ в зимний период и теплое время года соответственно; 1 — транспортный комплекс; 2 — выемочно-погрузочный комплекс; 3 — целик в пласте песков; 4 — склад песков; 5 — ледяной покров; 6 — бассейн; 7 — открытые участки ледяного покрова; 8 — добычной и промывочно-отвальный комплексы; 9 — отвал пустых пород

ты, выемку и транспортирование глинистых песков проводят в зимний период, с предварительным складированием песков на ледяной покров технологического бассейна с оставлением между навалами и штабелями промежутков для поступления тепла и ускорения таяния льда в весенний период. По мере таяния льда склад глинистых песков под собственной тяжестью погружается в воду и оседает на дно. По истечении необходимого для дезинтеграции времени осуществляют вторичную выемку песков со дна технологического бассейна и их промывку с размещением пустых пород в выработанном пространстве.

При послойной разработке глинистых россыпных месторождений с первичной выемкой песков бульдозерами или скреперами предложены схемы с проходкой канавы по центру россыпи (рис. 3) или траншеями (рис. 4). В первом случае россыпь вскрывают котлованом, в центре которого по простиранию проходят канаву на длину

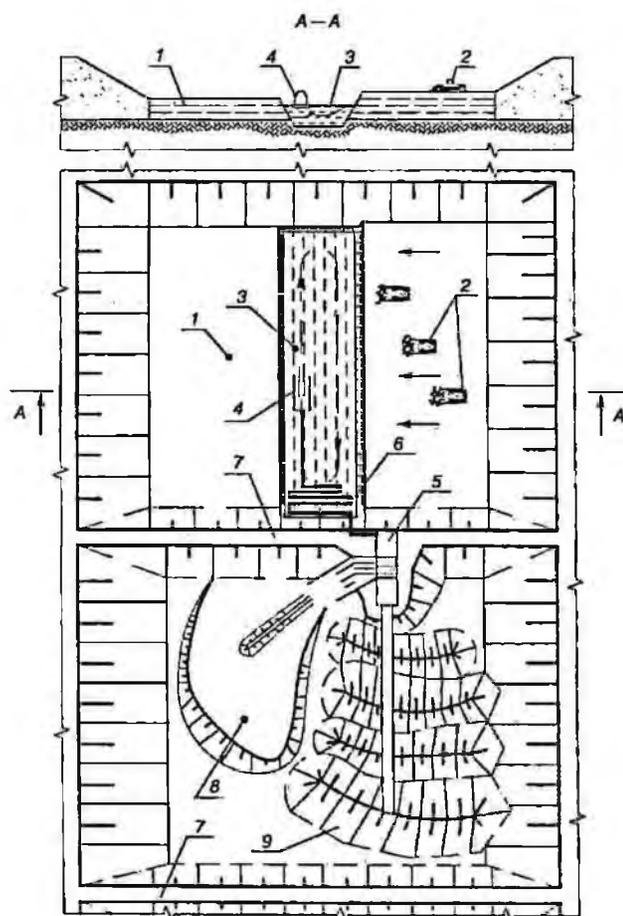


Рис. 3. Технологическая схема разработки россыпного месторождения бульдозером (скрепером), с центральной канавой для дезинтеграции глинистых песков управляемым водонасыщением:

1 — пласт песков; 2 — выемочно-транспортное оборудование; 3 — канава; 4 — добычной комплекс; 5 — промывочно-отвальный комплекс; 6 — пульпопровод; 7 — дамба; 8 — отвал эфельной фракции; 9 — отвал галечной фракции

добычного блока. Глубина канавы должна быть ниже уровня почвы россыпи настолько, чтобы вмещать объем стружки по всей площади добычного блока. Канава заполняется водой, после чего приступают к послойной выемке глинистых песков с одной стороны от канавы. Бульдозер разрабатывает слой и сталкивает пески в канаву, заполняя ее наполовину со стороны ведения работ, а затем переезжает на другую сторону и заполняет свободную часть канавы. В канаве размещают земснаряд, пульпопровод и приступают к вторичной выемке песков подводным способом с подачей их на промывочно-обога-

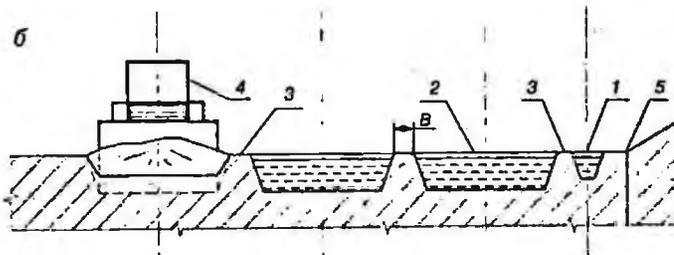
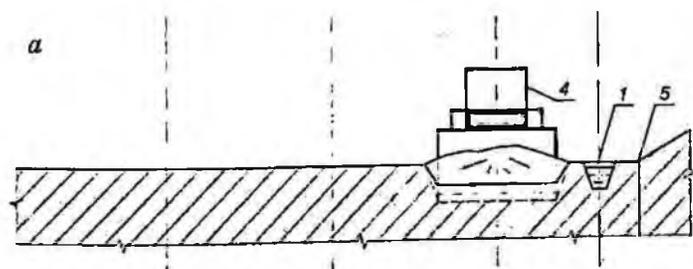


Рис. 4. Технологическая схема разработки россыпного месторождения траншеями с дезинтеграцией глинистых песков управляемым водонасыщением на начальном (а) и последующем (б) этапах разработки месторождения: 1 — дополнительная канава; 2 — траншея; 3 — межтраншейный целик; 4 — бульдозер; 5 — граница обрабатываемых запасов

тельный комплекс и складированием хвостов в выработанное пространство.

Разработку вскрытого россыпного месторождения траншеями начинают с фланга, где на границе контуров запасов проходят дополнительную канаву и заполняют ее водой. Выемку глинистых песков осуществляют траншеями, параллельными канаве, по наибольшему уклону долины месторождения, с оставлением межтраншейных целиков. При проходке каждой последующей траншеи в предыдущую подают воду. Межтраншейные целики в результате инфильтрации воды через стенки траншей переходят в состояние избыточного увлажнения, что повышает степень их дезинтеграции. После отработки последней траншеи месторождение затопляют, а межтраншейные целики отрабатывают с применением драги или земснаряда в направлении от первой траншеи к последней.

Таким образом, эффективная эксплуатация россыпных месторождений с высоким содержанием глинистых включений возможна за счет применения технологических

схем подготовки глинистых песков управляемым водонасыщением, обеспечивающим их интенсивную дезинтеграцию в процессе повторной выемки из-под воды. [2]

Кисляков Виктор Евгеньевич,  
e-mail: rosau@gold.sfu-kras.ru  
Никитин Андрей Викторович,  
e-mail: rofooz@mail.ru

PREPARATION OF LOAM SAND OF PLACER DEPOSITS TO SCRUBBING BY OBSERVED WATER SATURATION  
Kislyakov V. E., Nikitin A. V.

Technological schemes of development of placer deposits with loam sand, providing water saturation for scrubbing by methods of observed water saturation with their subsequent secondary extraction and enrichment are presented.

*Key words: placer deposits, loam sand, observed water saturation, preparation of sand for scrubbing, secondary extraction.*

УДК 622.272:622.83:622.28.04

Б. П. БАДТИЕВ (ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель»)

## НОВЫЕ ВИДЫ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ДЛЯ РУДНИКОВ НОРИЛЬСКОГО ГМК



Б. П. БАДТИЕВ,  
директор РУ «Талнахское»,  
канд. техн. наук

*Представлены разработанные и испытанные на основании проведенных исследований новые конструкции крепей и технологии их возведения в сложных горно-геологических и геомеханических условиях освоения глубоких горизонтов Норильского медно-никелевого месторождения.*

*Ключевые слова: подземные рудники, геодинамические проявления, горные выработки, крепление, анкеры, решетки, набрызг-бетон, усиленная комбинированная крепь, затяжка, сопряжения выработок.*

В связи с переходом подземных рудников Норильского ГМК на разработку глубоких (более 800 м) горизонтов проведены исследования, в результате которых создана классификация устойчивости горных выработок, учитывающая не только геологические, но и новые геомеханические условия эксплуатации и позволяющая выбирать соответствующие конструкции крепи. Исследования показали, что в условиях зонального разрушения пород железобетонные штанги не обеспечивают достаточного сцепления с раздробленными породами, в том числе из-за большого времени схватывания бетонной смеси. Применение решеток и набрызг-бетона в сочетании с анкерами при разрушении пород на контуре выработок становится малоэффективным, поскольку не обеспечивает необходимого подпора пород между анкерами. Разрушения, связанные с неравномерностью нагружения, наблюдаются также в выработках, закрепленных арочной податливой крепью из спецпрофиля.

По результатам исследований определены специальные дополнительные требования к проведению горных

выработок для повышения их устойчивости в рассматриваемых условиях: минимизация переборов породы сверх проектного сечения; ориентация выработок по отношению к направлению главных горизонтальных напряжений; предварительная разгрузка массива путем создания различного рода щелей, проведения опережающих скважин или выработок.

Установлены также основные требования к конструкциям крепи: совместная работа всех элементов крепи по закрепляемому контуру выработки; активное воздействие крепи на приконтурный массив на всех стадиях проходки и поддержания выработки; устойчивость крепи в условиях динамических проявлений горного давления на удароопасных участках и вблизи мест ведения взрывных работ; плотная затяжка кровли и стенок выработок, исключающая развитие вывалов породы и нарушение элементов крепи; наличие элементов податливости крепи; способность воспринимать локальные концентрированные нагрузки и равномерно распределять их по периметру выработки; возможность усиления и ремонта крепи

без существенных капитальных затрат и специального оборудования; быстрый (в течение 5–10 мин после установки) набор несущей способности крепи.

Показанным требованиям в значительной степени соответствует разработанная с участием автора системная секционная комбинированная крепь, состоящая из анкеров, закрепленных полимерным связующим составом по всей их длине, сварной решетчатой затяжки, секций гибких решетчатых подхватов и набрызг-бетона (рис. 1). Сочетание этих элементов создает единую систему, обеспечивающую совместную и взаимосвязанную работу анкеров и массива как в сечении выработки, так и вдоль нее.

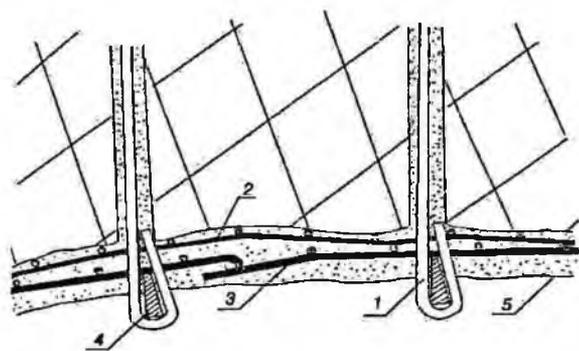


Рис. 1. Конструкция системной секционной комбинированной крепи:

1 — анкер; 2 — сварная решетка; 3 — секция гибких решетчатых подхватов; 4 — клин; 5 — набрызг-бетон

Применяют сталеполимерные, железобетонные анкеры или их комбинации со штангами диаметром 18–24 мм из арматурной стали или семипроволочный арматурный канат класса К-7 (диаметр проволоки 6 мм). Секции гибких решетчатых подхватов могут быть плоскими и упругими. Плоские подхваты представляют собой полосы в виде металлических сварных решеток, выполненных из стальных проволок диаметром 8–10 мм в продольном направлении и 6 мм в поперечном. Размер ячейки 100×150 мм. С одного конца продольные проволоки загнуты в крюки, с помощью которых секции соединяют друг с другом. На противоположном конце секции приварена проволока такого же диаметра, как у продольных. За нее захватываются крюки каждой следующей секции. Для создания первоначального подпора разработаны упругие решетчатые подхваты, которые состоят из четырех волнообразных продольных элементов и шести поперечных. Продольные элементы выполнены из арматурной стали АIII диаметром 8 мм, поперечные — диаметром 8 мм (арматурная сталь АIII) и 6 мм (сталь АI гладкая). Размеры упругой решетки, мм: длина — 500, ширина — 300, ячейки — 100×100.

При установке решеток-подхватов не следует жестко закреплять их на анкерах, чтобы они могли смещаться относительно анкера. Это позволяет исключить преждевременное разрушение решетки и создать оптимальные условия для расклинивания смещающихся вниз блоков пород, но вертикальный прогиб решетки между анкерами не должен превышать 100 мм. Испытаниями упругих решетчатых подхватов установлено, что они позволяют создавать предварительный упругий подпор вокруг анкеров

$P_{уд} = 26,7 \text{ кН/м}^2$ , что в достаточной мере способствует созданию расклинивающего эффекта смещающихся в выработку пород блоковой структуры, повышая их устойчивость. Решетки-подхваты способны удерживать от обрушения до 2 м разрушенных пород кровли и обладают упругой податливостью в пределах 28 мм.

Усиленную комбинированную крепь устанавливают в выработках, где горизонтальные тектонические напряжения являются главным фактором разрушения контура. Она представляет собой сочетание железобетонной анкерной крепи, сварной металлической решетки и набрызг-бетона. На подготовленную поверхность наносят первый слой набрызг-бетона, который замоноличивает имеющиеся трещины и несколько сглаживает неровности контура. Толщину первого слоя набрызг-бетона принимают не менее величины двух диаметров прутьев металлической решетки. До отвердения этого слоя в него вдавливают с помощью домкратов механическую сварную решетку и затем доводят набрызг-бетон до заданной толщины. Такая технология возведения крепи позволяет обеспечить качественное закрепление решетки по контуру выработки и существенно повысить устойчивость системы крепления в целом.

В условиях, когда основной формой геодинамических проявлений является разрушение стенок выработок трещинами, параллельными их контуру, особой проблемой является обеспечение устойчивости крупнопролетных сопряжений. До последнего времени такие сопряжения, как правило, закрепляли усиленной комбинированной крепью из железобетонных штанг, металлической сетки и торкрет-бетона, однако исследования показали, что такая крепь не обеспечивает устойчивости сопряжений, особенно в зоне опорного давления и вблизи тектонических нарушений.

Предложенный способ крепления заключается в том, что в кровле сопряжений создают несущие породные «стойки» путем установки кустов предварительно-напряженных анкеров (ПНА). Куст ПНА состоит из четырех расходящихся анкеров, установленных в скважинах. Скважины диаметром 76 мм бурят по сетке 1×1 м на глубину 4–6 м с углом наклона 30° от вертикали. Таким образом, куст ПНА образует пирамиду с широким основанием вверху, а натяжение анкеров сдерживает процесс расслоения в кровле по высоте куста ПНА, образуя зону сжатых пород (рис. 2).

Чтобы не допустить обрушения пород, в кровле сооружают необходимое количество кустов ПНА. Расстояние между кустами ПНА, а также от них до стенок выработки должно удовлетворять условию  $l < l_{доп}$ , где  $l_{доп}$  — допустимый пролет обнажения пород. Таким образом, большой пролет сопряжения разделяют на несколько малых, неопасных по обрушению пород. Для обеспечения надежного закрепления кровли сначала проходят выработку с пролетом  $l < l_{доп}$  и проектной высотой по центру будущего сопряжения (I стадия). По мере продвижения забоя этой выработки в кровле устанавливают кусты ПНА на заданных отметках и возводят усиленную комбинированную крепь из железобетонных или сталеполимерных анкеров, металлической сварной решетки и набрызг-бетона. После установки кустов ПНА последовательно расширяют выработку до проектной ширины сопряжения, с возведе-

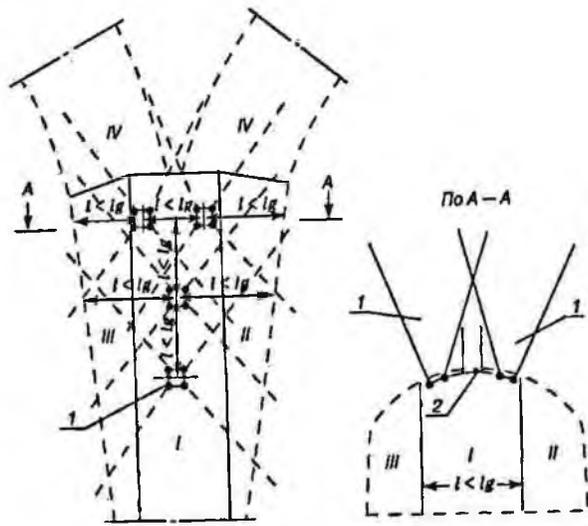


Рис. 2. Технологическая схема сооружения и крепления сопряжений в сложных горно-геологических условиях: I-IV — стадии сооружения сопряжения; 1 — кусты предварительно-напряженных анкеров (ПНА); 2 — усиленная комбинированная крепь;  $l$  — расстояние между кустами ПНА и стенками выработки;  $l_g$  — допустимый пролет обнажения пород

нием усиленной комбинированной крепи (стадии II и III), а затем приступают к проведению примыкающих выработок (заездов) — IV стадия. Устойчивость бортов сопряжений обеспечивают бурением в их углах строчки разгрузочных шпуров диаметром 42 мм. Длина строчки по каждой стороне угла сопряжения составляет около 5 м от места сопряжения бортов. Сооружение сопряжений в несколько стадий с предварительной установкой ПНА и последующим возведением усиленной комбинированной крепи позволяет повысить безопасность работ в сложных горно-геологических условиях, обеспечить нормальное состояние выработки на весь срок ее эксплуатации.

Исследования показали, что характерной формой деформаций массива вокруг выработок, пройденных параллельно фронту очистных работ, является разрушение боков из-за преобладающего действия вертикальных напряжений. Это приводит к увеличению пролетов и опасности обрушения пород и руд из кровли. В этих условиях обеспечить устойчивость выработок путем установки железобетонных штанг и набрызг-бетона не представляется возможным.

Для поддержания таких выработок разработана комбинированная крепь, состоящая из устанавливаемых в кровле железобетонных штанг, металлической сетки и набрызг-бетона, а в боках выработки — металлической сварной решетки, прижатой к контуру выработки от почвы до пяты свода вертикальными металлическими стойками из швеллера, спецпрофиля или полосовой стали толщиной 5–10 мм и шириной 50–100 мм, закрепляемыми анкерами в почве, боках и пяте свода выработки

(рис. 3). Шаг установки стоек по длине выработки 1–1,2 м, жесткость стоек выбирают в зависимости от степени нарушенности пород или руд в боках выработки: чем больше раздроблены породы, тем жестче должны быть стойки. Глубина установки закрепляющих анкеров — 1,7–2,2 м, в почве стойки заделывают в лунки. После закрепления стоек на стенки выработки наносят слой набрызг-бетона толщиной 2–3 см.

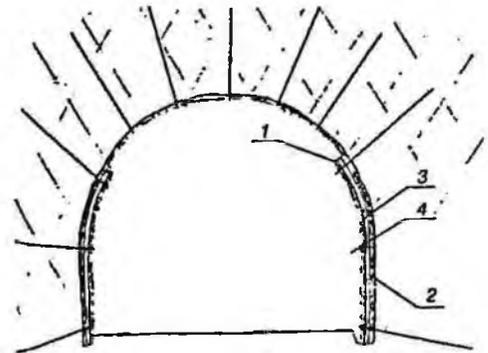


Рис. 3. Комбинированная крепь в условиях интенсивного разрушения стенок выработки: 1 — металлические стойки; 2 — металлическая сварная решетка; 3 — набрызг-бетон; 4 — анкеры

Новые конструкции крепи и ее элементов, специальные технологии проведения и крепления горных выработок предложены и испытаны на основе исследований геомеханической ситуации на глубоких горизонтах рудников Норильского ГМК, соответствуют выявленным значениям смещений и формам разрушения контуров выработок, что позволяет считать выполненные разработки реальным вкладом в повышение безопасности и эффективности ведения подземных горных работ на больших глубинах в сложных горно-геологических и геомеханических условиях. □

Бадтиев Батрадз Петрович,  
тел.: (3919) 45-11-21

NEW KINDS OF MINE WORKING SUPPORT FOR MINES OF MMC "NORILSK NICKEL"  
Badiyev B. P.

The new structural support construction technologies developed and tested on the basis of spent researches in difficult mining-and-geological and geomechanical conditions of development of deep levels of the Norilsk copper-nickel deposit are presented.

Key words: underground mines, geodynamic occurrences, mine openings, framings, anchors, lattices, shotcreting, strengthened combined support, back brace, interfaces of developments.

УДК 625.73:622.684

Ю. В. СЕНИН (УГГУ)

Д. Х. ИЛЬБУЛЬДИН (Якутнипроалмаз)

## РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ БЕРМ КАРЬЕРОВ



Ю. В. СЕНИН,  
доцент, канд. техн. наук



Д. Х. ИЛЬБУЛЬДИН,  
зав. лабораторией

Транспортные бермы располагаются как на рабочих, так и на нерабочих бортах карьера. Их ширина зависит от конструкции и размеров основных элементов этих берм и влияет на технологическую и экономическую эффективность самого затратного производственного процесса горных работ — перемещения горной массы в карьере.

Ширина транспортной бермы определяется параметрами ее основных конструктивных элементов (рис. 1): шириной проезжей части автодороги  $Ш_{п.ч}$ , шириной обочины  $O$ , ограждающего вала  $B_{ог}$ , кювета  $B_{к}$ , закуветной полки  $B_{з.п}$ , минимальным расстоянием от верхней бровки уступа до внешней кромки ограждающего вала  $B$ , предусматривающим возможное разрушение откоса уступа или возможное сдвигание ограждающего вала при наезде самосвала, и горизонтальным проложением  $\Gamma\Gamma$  откоса земляного полотна дороги.

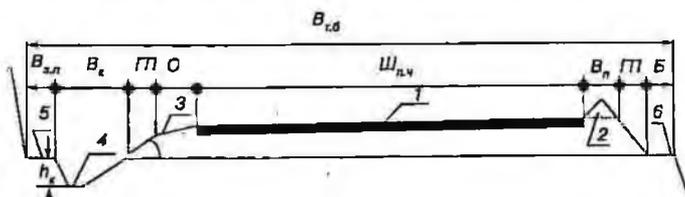


Рис. 1. Элементы и параметры автотранспортной бермы:

- 1 — земляное полотно, включающее проезжую часть;
- 2 — ограждающий вал; 3 — обочина; 4 — кювет;
- 5 — закуветная полка; 6 — берма безопасности

Таким образом, ширина транспортной бермы  $B_{т.б}$  составляет  $B_{т.б} = B_{з.п} + B_{к} + 2\Gamma\Gamma + O + Ш_{п.ч} + B_{ог} + B$ .

На практике параметры этих элементов нередко отличаются от нормативных, так как последние недостаточно учитывают горнотехнические условия эксплуатации автотранспорта, формирования уступов и карьера в целом. Так, для эффективной работы автотранспорта целесообразно формировать широкие транспортные бермы. В то же время необходимость ограничения коэффициента вскрыши при разработке обуславливает стремление к уменьшению ширины транспортных берм. Это определяет необходимость обоснования рациональной конструкции и параметров транспортных берм карьеров.

Основным параметром бермы является  $Ш_{п.ч}$ , зависящая от габаритов самосвалов. Она определяет, с одной

Выполнен анализ конструкций автотранспортных берм карьеров, приведены параметры основных элементов и даны рекомендации по определению их размеров применительно к самосвалам различной грузоподъемности.

**Ключевые слова:** карьер, транспортные бермы, карьерные автодороги, ширина проезжей части, кювет, обочина, предохранительный вал.

стороны, скорость транспортного потока и производительность самосвалов, с другой — затраты на дорожно-строительные материалы и дорогу в целом и может быть представлена выражением [1]

$$Ш_{п.ч} = 2B_a + J + 2Y, \quad (1)$$

где  $B_a$  — габаритная ширина самосвала, м;  $J$  — расстояние между встречными самосвалами, м;  $Y$  — расстояние от внешних габаритов по ширине самосвала до края проезжей части, м.

Величина  $B_a$  зависит от грузоподъемности самосвала  $G_r$ . Эта зависимость, согласно выполненному статистическому анализу, описывается корреляционным уравнением  $B_a = 1,2G_r^{0,35}$ . При этом формула (1) принимает вид:  $Ш_{п.ч} = 4,82G_r^{0,35}$ .

Согласно СНиП 2.05.07-91, разработанным при участии Института горного дела МЧМ СССР (ныне ИГД УрО РАН), ширина проезжей части карьерных автодорог, в зависимости от годовой грузонапряженности и глубины карьера, изменяется в пределах  $(2,7+4)B_a$ .

Максимальная ширина проезжей части соответствует свободному движению самосвалов в потоке. При этом  $J = (1+1,5)B_a$ , а  $Y = (0,4+0,5)B_a$ .

Максимальная ширина проезжей части автодороги в зависимости от грузоподъемности самосвала приведена ниже.

$G_r$ .....	25-30	40-45	55-77	80-90	110-130	180-220
$Ш_{п.ч}$ .....	15,8	17,5	19,5	22,8	25,6	31,7

Минимальная ширина проезжей части ограничивается условием безопасного движения самосвалов при минимальной скорости движения. Проведенные исследования показывают, что данные требования обеспечиваются, когда  $J = (0,35+0,4)B_a$ , а  $Y = (0,04+0,05)B_a$ .

При разработке крутопадающих залежей снижение величины  $Ш_{п.ч}$  автодороги позволяет снизить как затраты на строительство и содержание дороги, так и общий объем вскрышных пород карьера. Но при этом уменьшается производительность самосвалов за счет снижения их скорости в момент разминовки со встречными автомобилями. Скорость и производительность

автотранспорта будет снижаться тем больше, чем выше интенсивность движения. Следовательно, ширина проезжей части автодороги, при которой наблюдается заметное снижение скорости и прекращается свободное движение самосвала, зависит от интенсивности потока автомобилей  $I$  (авт/ч).

Таким образом, необходимо определить оптимальную ширину проезжей части  $Ш_{о.п.ч.}$ , соответствующей минимуму затрат как на строительство и содержание внутрикарьерных дорог, так и на перемещение горной массы самосвалами.

При оценке ширины проезжей части по величине ее отношения  $K$  к ширине самосвала ( $Ш_{п.ч} = KB_s$ ) значению  $Ш_{о.п.ч.}$  будет соответствовать оптимальная величина  $K_{опт}$ .

На основании анализа данных СНиП 2.05.07-91 и исследований, проведенных специалистами ИГД УрО РАН, установлена регрессионная связь между величинами  $K_{опт}$  и  $I$ :  $K_{опт} = 1,44 \lg I + 1,144$  (рис. 2).

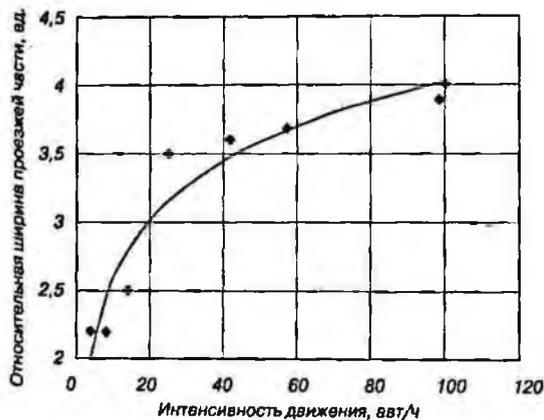


Рис. 2. Зависимость относительной ширины проезжей части автодороги от интенсивности движения самосвалов

В глубинной части карьера, как правило, существенно снижаются объемы грузоперевозок и интенсивность движения самосвалов. В этой зоне появляется возможность формирования однополосных транспортных берм, на которых ширина проезжей части автодорог, согласно СНиП 2.05.07-91 и данным работы [1], составляет 10 и 6 м для самосвалов грузоподъемностью 200–230 и 30 т соответственно. На этих бермах необходимо предусматривать устройство ниш с площадками для разминки встречных самосвалов через расстояния  $l_3$ , м, рассчитанные по формуле [2]:

$$l_3 = \frac{v_r v_n}{I(v_r + v_n)} = \frac{v_{ст}}{2I},$$

где  $v_r$ ,  $v_n$  — скорость движения соответственно груженого и порожнего самосвалов на участке трассы с площадкой для разминки, км/ч;  $v_{ст}$  — среднетехническая скорость движения самосвала на таком же участке трассы, км/ч.

В соответствии с вышеизложенным для карьера «Нюрбинский» рассчитаны размеры проезжей части автодорог для самосвалов САТ-777D и БелАЗ-754831 в зависимости от места расположения съездов и интенсивности транспортного потока на них (табл. 1).

Таблица 1. Рекомендуемая ширина проезжей части автодорог в карьере «Нюрбинский»

Зоны горизонтов карьера	Интенсивность движения по одной полосе дороги, авт/ч		Ширина проезжей части, м	
	САТ-777D	БелАЗ-754831	САТ-777D ( $B_s = 6,048$ м)	БелАЗ-754831 ( $B_s = 4,34$ м)
250–140	20–25	45–55	18,1	16,1
140–100	10–20	45–20	16,3	14,8
100–40	5–10	10–20	15,4	13,4
40–(-20)	< 5	< 10	14,9	12,4

Обочина в условиях карьера обеспечивает прочность краев дорожной одежды, размещение дорожных знаков и облегчает условия разминки встречных самосвалов. Ее ширина в соответствии с СНиП 2.05.07-91 принимается равной 1,5 м.

Ширина предохранительного ограждающего породного вала (табл. 2) определяется физико-механическими свойствами пород и требуемой, согласно [3], высотой вала.

Водоотводные кюветы на транспортных бермах карьеров ограждают дорожное полотно от воздействия поверхностных вод и обеспечивают стабильность транспортно-эксплуатационных качеств карьерных дорог. Форма и размеры кюветов зависят от максимального расхода стока воды с прилегающей водосборной площади, включающей берму безопасности на вышележащем горизонте, внешний и внутренний откосы предохранительного вала, вышележащего уступа и земляного полотна, закуветную полку, обочину и проезжую часть дороги. Площадь стока  $F_{ст}$ , м<sup>2</sup>, питающего водоотводный кювет транспортной бермы или съезда карьера, можно определить по формуле

$$F_{ст} = L_{\kappa}(B + 0,5H_y \cdot \text{ctg} \alpha_y + B_n + B_{з.п} + O + ГП + Ш_{п.ч.}),$$

где  $H_y$  — высота уступа (съезда), м;  $\alpha_y$  — угол откоса уступа, град;  $L_{\kappa}$  — длина канавы (равная длине съезда, но не более 600 м), м.

Наиболее опасными для карьерных автодорог являются ливневые воды. Поэтому подбор профиля и размеров сечения кювета следует выполнять, исходя из расчетного максимального значения расхода полного ливневого стока по методике [4] (табл. 3).

Закуветная полка нужна для сбора продуктов разрушения откоса вышележащего уступа, предотвращения засорения кювета и проезжей части дороги. Согласно данным [1, 5, 6] и практическому опыту, ее размер реко-

Таблица 2. Параметры ограждающих валов

Грузоподъемность самосвала, т	Высота		Ширина породного вала	
	колеса $h_{\kappa}$ , м	породного вала ( $0,5h_{\kappa}$ ), м	для рыхлых и полускальных пород, м	для скальных пород, м
27–30	1,6	0,9	2,7	2,3
40–45	1,98	1	3	2,5
55–77	2,11	1,1	3,3	2,8
80–90	2,62	1,3	3,9	3,25
110–130	2,98	1,5	4,5	3,75

## РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Таблица 3. Характеристики кюветов карьерных автодорог**

Модель самосвала	Ливневый район	Расход полного ливневого стока, м <sup>3</sup> /с	Профиль канавы	Размеры канавы, м			Пропускная способность канавы, м <sup>3</sup> /с
				Глубина	Ширина по дну	Ширина по верху	
БелАЗ-7540 (30 т)	3	0,14-0,32	Треугольный	0,45-0,5	0	1,12-1,25	0,17-0,37
	4	0,19-0,43	Трапецеидальный	0,4	0,4	1,4	0,25-0,45
	5, 6	0,20-0,50	То же	0,4-0,45	0,4	1,4-1,5	0,25-0,57
БелАЗ-7555 (55 т)	3	0,16-0,36	Треугольный	0,45-0,5	0	1,12-1,25	0,17-0,37
	4	0,21-0,48	То же	0,5-0,55	0	1,25-1,4	0,21-0,48
	5, 6	0,23-0,56	Трапецеидальный	0,4-0,45	0,4	1,4-1,5	0,25-0,60
БелАЗ-75145 (120 т)	3	0,18-0,41	Треугольный	0,55	0	1,4	0,27-0,47
	4, 5	0,24-0,58	Трапецеидальный	0,4-0,45	0,4	1,4-1,5	0,26-0,57
	6	0,28-0,64	То же	0,45-0,5	0,4	1,5-1,7	0,33-0,72
БелАЗ-7521 (180 т)	3	0,21-0,47	Треугольный	0,5-0,55	0	1,25-1,4	0,21-0,48
	4, 5	0,27-0,68	Трапецеидальный	0,45-0,5	0,4	1,5-1,7	0,33-0,72
	6	0,33-0,74	То же	0,45-0,5	0,4	1,5-1,8	0,33-0,88

**Таблица 4. Минимальное расстояние от верхней бровки уступа до внешней кромки породного вала**

Коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протодыканова	Угол откоса, градус		Ширина бермы безопасности, м	Минимальное расстояние, м, от бровки уступа до внешней кромки породного вала для автомобилей грузоподъемностью, т					
	устойчивого уступа	рабочего уступа		25-30	40-45	55-77	80-90	110-130	180-220
2-4	35	45	6,4	5,1	4,9	4,8	4,5	4,2	3,7
5-9	60	70	3,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,3	1,0
10-14	65	75	3,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,1	0,7
15-20	75	85	2,7	1,6	1,5	1,3	1,1	0,8	0,5

мендуется принимать в зависимости от высоты вышележащего уступа 1; 1,5; 2 м при высоте уступа, соответственно, до 10, 11-20, 30 м и более.

Минимальное расстояние от верхней бровки уступа до внешней кромки породного вала (табл. 4) определяется расчетной шириной бермы безопасности и условиями размещения ограждающего вала, приведенными в правилах безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом [3].

Таким образом, проведенный анализ показывает, что параметры автотранспортных берм и съездов следует принимать дифференцированно, в зависимости как от применяемых автотранспортных средств, горно-геологических свойств разрабатываемых пород и параметров системы разработки, так и от места их расположения в карьере, интенсивности движения самосвалов и климатических условий.

Максимальная и минимальная ширина (м) автотранспортных берм соответственно в верхней и глубинной зоне рассчитана по вышеизложенной методике для карьеров в третьем ливневом районе, разрабатывающих скальные и полускальные породы уступами высотой 15 м, приведены ниже.

	max	min
БелАЗ-7540 (30 т)	27,0	19,5
БелАЗ-7555 (55 т)	31,5	22,5
БелАЗ-75145 (120 т)	39,5	27,5
БелАЗ-7521 (180 т)	44,5	31,0

Выбор параметров автотранспортных берм в конкретных условиях обусловлен решением оптимизационной задачи, учитывающей затраты на транспортирование горной массы и формирование борта карьера, обеспечивающего безопасность и требуемую производительность автотранспорта.

### Библиографический список

1. Мариев П. Л., Кулешов А. А., Егоров А. Н., Зырянов И. В. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы. — СПб.: Наука, 2004.
2. Стенин Ю. В., Могилат В. Л. Особенности технологии уплотнения карьерных автодорог / Проблемы карьерного транспорта: матер. междунар. науч.-техн. конф. — Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2002.
3. ПБ 03-498-02. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. Сер. 03. Вып. 22 — М.: ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003.
4. Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / под ред. Г. А. Федотова. — М.: Транспорт, 1989.
5. Пособие по проектированию земляного полотна и водоотвода железных и автомобильных дорог промышленных предприятий. — М.: Стройиздат, 1988.
6. СНиП 2.05.07-91. Промышленный транспорт. — М.: Минстрой РФ, 1996. 

Стенин Юрий Владимирович,  
e-mail: belas7540@yandex.ru  
Ильбульдин Давлят Хурматович,  
e-mail: ilbuldin@yna.alrosa-mir.ru

### RATIONAL PARAMETERS OF AUTO HAULAGE BENCHES OF OPEN-CAST MINES

Stenin Yu. V., Ilbuldin D. II.

The analysis of designs of auto haulage benches of open-cast mines is made, parameters of basic elements are resulted and recommendations about determinations of their sizes with reference to dump trucks of various load-carrying capacity are made.

*Key words: open-cast mine, haulage benches, mine ways, bridge roadway breadth, drain ditch, roadside, a safety shaft.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА СБРОС ВСКРЫШНЫХ ПОРОД В ОТРАБОТАННОЕ ПРОСТРАНСТВО КАРЬЕРА «ТАШКУРА»



И. П. БИБИК,  
зам. главного инженера  
Центрального РУ,  
канд. техн. наук



Д. С. ИВАНОВСКИЙ,  
инженер по горным работам  
рудника «Мурунтау»

Одним из способов повышения эффективности открытых горных работ является взрывное перемещение (сброс) вскрышных пород в отработанное пространство карьера. Исследования возможности и технологии применения этого метода проведены в карьере «Ташкура» при отработке пологопадающего Джерой-Сардарьинского месторождения фосфоритов. Горный массив месторождения представлен глестами пород, резко (в десятки раз) различающихся по прочностным и акустическим свойствам. В пределах одного рабочего уступа имеет место многоярусное распределение литологических разностей с преобладающим наличием песчано-глинистых, глинистых и мергелистых пород с крепкими включениями (пропластками) относительно небольшой мощности (в среднем 3,2 м), которые залегают, как правило, в верхней части уступа с вероятностным характером их распространения. Глинистые породы с пределом прочности на сжатие ( $\tau_{сж}$ ) 1,4–22,1 МПа приурочены к средней части уступа, мергелистые ( $\tau_{сж} = 3,1–34,3$  МПа) — к нижней надпродуктивной части.

Согласно исследованиям [1–4], энергия взрыва используется наиболее полно в том случае, когда при одном и том же удельном расходе ВВ достигается максимальная дальность выброса породы. Расчетным или опытным методом определяют оптимальные параметры взрыва: расстояние

Представлены результаты исследований и опытно-промышленных работ по созданию энергосберегающей технологии взрывного перемещения (сброса) разнопрочных вскрышных пород во внутренние отвалы карьера «Ташкура».

**Ключевые слова:** пластовое месторождение, параметры буровзрывных работ, показатель взрывного перемещения, приведенные энергозатраты.

между скважинами в ряду и между рядами, удельный расход ВВ, распределение ВВ в скважине и др. Для экспериментальных взрывов на сброс в качестве критерия оценки результатов принят показатель взрывного перемещения [1]  $i_b = U_b / U$ , где  $U_b$  — объем породы, перемещаемой взрывом, м<sup>3</sup>;  $U$  — общий объем взорванной породы, м<sup>3</sup>. Чем больше значение  $i_b$  при одном и том же удельном расходе ВВ, тем большая доля вскрышных работ приходится на взрывное перемещение породы на заданное расстояние.

Расчет параметров буровзрывных работ (БВР) выполнен по методике [1] для нескольких вариантов взрывов на сброс, обеспечивающих дальность перемещения породы от 10 до 25 м (табл. 1). Удельный расход ВВ определен по формуле

$$q = f(\alpha_c, \zeta) \frac{\rho g}{4\eta_0 k e_{ВВ}} D, \text{ кг/м}^3,$$

где  $\alpha_c$  — угол наклона скважины, град.;  $\zeta$  — коэффициент превышения ( $\zeta = S / D$ ,  $S$  — расстояние по вертикали от центра тяжести взрываемого блока до верхней точки развала, м;  $D$  — дальность перемещения породы по горизонту, м);  $\rho$  — объемный вес породы, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  — ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;  $\eta_0$  — коэффициент полезного действия взрыва (доля кинетической энергии);  $k$  — коэффициент, учитывающий краевые эффекты;  $e_{ВВ}$  — удельная энергия ВВ, кДж/кг.

Таблица 1. Исходные параметры для расчета удельного расхода ВВ при взрывах на сброс

Варианты	$\alpha_c$ , град.	$\zeta$	$f(\alpha_c, \zeta)$ [1]	$S$ , м	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$g$ , м/с <sup>2</sup>	$\eta_0$ [1]	$k$ [1]	$e_{ВВ}$ , кДж/кг	$D$ , м	$q$ , кг/м <sup>3</sup>
1	90	0,12	7,9	1,2	2000	9,8	0,2	0,85	3778	10	0,65
2	90	0,15	6,1	2,25	2000	9,8	0,2	0,85	3778	15	0,7
3	90	0,19	5,24	3,8	2000	9,8	0,2	0,85	3778	20	0,8
4	90	0,22	4,84	5,0	2000	9,8	0,2	0,85	3778	23	0,85
5	90	0,2	4,7	5,0	2000	9,8	0,2	0,85	3778	25	0,9
6	90	0,18	5,24	5,4	2000	9,8	0,2	0,85	3778	30	1,2
7	90	0,15	5,6	5,25	2000	9,8	0,2	0,85	3778	35	1,5
8	60	0,28	4,6	5,6	2000	9,8	0,2	0,85	3778	20	0,7
9	60	0,33	5,24	8,25	2000	9,8	0,2	0,85	3778	25	1,0
10	60	0,31	5,2	9,3	2000	9,8	0,2	0,85	3778	30	1,2
11	60	0,36	5,6	12,6	2000	9,8	0,2	0,85	3778	35	1,5

Таблица 2. Исходные параметры для расчета сетки скважин

Варианты	$m_b, m_a$	$H_y, м$	$W, м$	$\alpha_y, град.$	$c, м$	Сетка скважин, м [1]	
						$a$	$b$
Диаметр скважин 170 мм							
При взрывах на сброс	1,0	5–8,5	3,5–4	80	3	3,5–4	3,5–4
	1,0	9–10,5	4–4,6	80	3	4–4,6	4–4,6
При взрывном рыхлении	1,0	5–8,5	4–4,6	80	3	4–4,6	4–4,6
	1,0	9–10,5	4,6–5	80	3	4,6–5	4,6–5
Диаметр скважин 215 мм							
При взрывах на сброс	1,0	5–8,5	4,0	80	3,0	4,0	4,0
	1,0	9–10,5	4–5	80	3,0	4–5	4–5
При взрывном рыхлении	1,0	5–8,5	5–6	80	3,0	5–6	5–6
	1,0	9–10,5	6–8	80	3,0	6–8	6–8

Диаметр скважинных зарядов ВВ принят 170 и 215 мм, исходя из имеющегося на карьере бурового оборудования. Расстояния между рядами скважин  $b$  и скважинными зарядами в ряду  $a$  рассчитаны в зависимости от принятых значений коэффициентов сближения скважинных зарядов  $m_a$  и  $m_b$ , величины линии наименьшего сопротивления (ЛНС) по подошве уступа  $W$ , высоты уступа  $H_y$ , угла откоса уступа  $\alpha_y$  и безопасного расстояния  $c$  от оси скважины до верхней бровки уступа (табл. 2).

Длина (глубина) скважин  $l_c$  принята с учетом их недобура на величину предохранительного целика, оставляемого для защиты рудных пластов (фосфоритов) от взрывного воздействия. При взрывном рыхлении пород недобур составляет 1 м, а при взрывании на сброс увеличен до 1,5–2 м в связи с повышенным удельным расходом ВВ [5]. Массу заряда в скважинах 1-го ряда определяют по формуле  $Q = qaWH$ , кг; в скважинах следующих рядов —  $Q = qabH$ , кг. Экспериментальные блоки были обурены в три–четыре ряда скважин. Для более полного использования энергии взрыва на перемещение вскрышных пород подпорную стенку из неподобранной породы не оставляли. Применяли схемы коммутации зарядов взрывной сети на основе неэлектрической системы инициирования (СИНВ) с интервалами замедления 42 и 25 мс и детонирующего шнура (ДШ) в комбинации с пиротехническим реле РП-Н 35 мс.

На экспериментальных блоках (табл. 3) оценивали влияние удельного расхода ВВ, угла наклона скважин и

мощности крепких включений  $m$  на ширину развала  $B_p$  и показатель взрывного перемещения  $l_a$ . Как видно из данных таблицы 3, при удельных расходах ВВ до 0,9 кг/м<sup>3</sup> показатель взрывного перемещения не превышает 0,2, а оптимальными по параметрам взрывания на сброс являются блоки № 45 и 46. В целом установлено, что максимальное взрывное перемещение разнопрочных горных пород может быть обеспечено увеличением удельного расхода ВВ, применением наклонных скважин и сгущением их сетки.

Кроме сравнения опытных блоков по показателю взрывного перемещения, оценивали также ширину и форму развала взорванной горной массы. При сравнении блоков № 11 (разнопрочный массив) и № 12 (однородный массив, представленный гравелитами), взорванных с одинаковым удель-

ным расходом ВВ, установлено, что ширина развала разнопрочного массива почти в 2 раза меньше, чем однородного. В связи с этим для интенсификации взрывного перемещения разнопрочных горных пород разработаны специальные конструкции скважинных зарядов в сочетании с оптимальными параметрами БВР, интервалами замедления, сетками скважин, видами ВВ, углами наклона скважин, повышающие показатель перемещения (рис. 1).

Первый способ (рис. 1, а) заключается в том, что на уступе, сложенном из гластов различной мощности и крепости, бурят ряды наклонных скважин под углом 60°, а на расстоянии 3–5 м от верхней бровки уступа — ряд дополнительных вертикальных скважин. При этом наклонные скважины бурят на всю мощность разнопрочных пропластков, а длина дополнительных скважин составляет  $1/3$  —  $2/3$  длины наклонных (в зависимости от мощности крепких включений). В наклонных и вертикальных скважинах размещают промежуточные детонаторы, заряд ВВ и забойку. Промежуточные детонаторы соединяют с детонирующим шнуром, на котором устанавливают РП для обеспечения короткозамедленного взрывания (КЗВ). В первую очередь взрывают заряды в вертикальных скважинах, а затем через 30–50 мс — одновременно заряды наклонных скважин, что позволяет обеспечить максимальный эффект взрывного перемещения разнопрочных горных пород в выработанное пространство карьера за счет эффективного использования энергии взрыва и расположения ВВ непосредственно в крепких включениях (в зоне слаберегулируемого дробления).

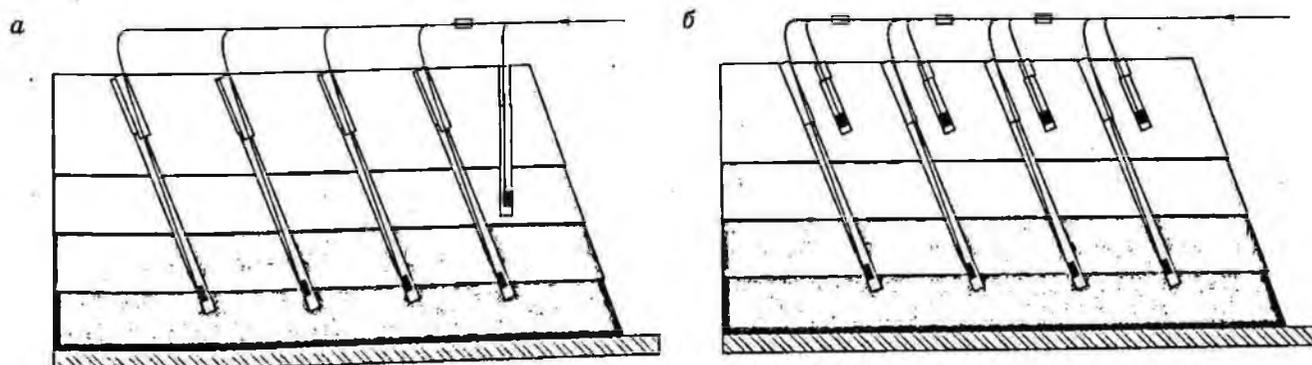


Рис. 1. Схемы интенсификации взрывного перемещения (сброса) разнопрочных горных пород

Таблица 3. Результаты экспериментальных взрывов на сброс вскрышных пород

Показатель	Опытные блоки											
	С применением СИНВ					С применением ДШ и РП						
	№ 11	№ 12	№ 14	№ 16	№ 17	№ 24	№ 26	№ 41	№ 42	№ 44	№ 45	№ 46
Высота вскрышного уступа, м	8,0	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Число скважин в блоке	96	84	72	64	53	110	30	30	18	18	18	18
Глубина скважин, м	6,5	6,0	6,5	7,0	8,0	8,0	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Сетка скважин, мхм	4x4	4x4	4x4	4x4	4,6x4,6	4,6x4,6	4x4	4x4	4x4	4x4	4x4	4x4
Угол наклона скважин, градус	90	90	90	90	90	90	90	90	60	60	60	60
Диаметр заряда, мм	170	170	170	170	170	170	215	215	170	215	215	215
Тип ВВ	Игданит											
Удельный расход ВВ, кг/м <sup>3</sup>	0,65	0,65	0,7	0,8	0,85	0,9	1,2	1,5	0,7	1,0	1,2	1,5
Величина заряда ВВ в скважине, кг	68	62	73	90	142	152	163	204	95	136	163	204
Длина заряда, м	3,2	3,0	3,5	4,3	6,8	7,2	4,8	6,0	4,5	4,0	4,8	6,0
Длина забойки, м	3,0	3,0	3,0	2,7	1,2	0,8	3,7	2,5	4,0	4,5	3,7	2,5
Заряд	Сплошной колонковый											
Инициирование	Обратное											
Объем блока, тыс. м <sup>3</sup>	10,0	8,0	7,5	7,2	8,9	12,4	4,1	4,1	2,4	2,4	2,4	2,4
Объем породы, сброшенной во внутренний отвал, тыс. м <sup>3</sup>	1,0	1,3	1,05	1,2	1,8	3,1	1,0	1,0	0,48	0,72	0,84	0,84
Ширина развала, м	5-8	9-13	7-10	10-15	12-16	22-25	22-24	22-24	15-17	20-22	25-27	25-27
Показатель взрывного перемещения	0,1	0,16	0,14	0,17	0,2	0,25	0,25	0,25	0,2	0,3	0,35	0,35

Второй способ (рис. 1, б) основан на принципе Сен-Венана (принцип суперпозиции) [6, 7]. В теории и практике ведения взрывных работ известен способ замены (деконцентрации) монозарядов большого диаметра и массы группой одновременно взрывааемых зарядов в скважинах малого диаметра [6]. Главная отличительная особенность способа заключается в том, что разрушение массива достигается не прямой волной напряжений (переноса энергии) от единичного заряда, а интегральной, образовавшейся при взаимодействии цилиндрических волн сближенных и одновременно взорванных зарядов.

Для взрывного перемещения разнопрочных горных пород предложено осуществить деконцентрацию скважинных зарядов ВВ по высоте вскрышного уступа. С этой целью на уступе бурят ряды основных параллельно-сближенных наклонных скважин и дополнительных коротких скважин малого диаметра (170 или 215 мм) под углом 60°. При этом основные наклонные скважины бурят на всю мощность вскрышных пород (с недобуром до фосфопласта 2 м), а короткие — на 1/3 — 2/3 длины основных. В основных и дополнительных скважинах размещают промежуточные детонаторы, заряды ВВ и забойку. Монтируют сеть из ДШ и РП для обеспечения короткозамедленного взрывания по порядной схеме. Рекомендовано опробовать также применение СИНВ таким образом, чтобы первоначально взрывался дополнительный заряд (в укороченной скважине), а затем основной.

Предложенные технологии предполагают повышение эффективности взрывного перемещения за счет:

использования принципа суперпозиции, при котором общее волновое поле, создаваемое взрывом ряда зарядов, представляет собой сумму волновых полей, создаваемых каждым из зарядов в отдельности;

дифференцированного подхода к выбору параметров БВР (деконцентрации скважинных зарядов), при котором ВВ равномерно распределено по массиву и в крепких пропластках;

выполнения коротким зарядом функции взрывной забойки, что позволит увеличить время воздействия взрыва на массив [8].

Экспериментальные взрывы на сброс по предложенным способам были проведены в два этапа (табл. 4). На первом проводили исследование КЗВ с применением ДШ и РПН-35 с замедлением 35 мс. По результатам первого этапа оптимальные показатели взрывания на сброс получены на блоке № 49.

На втором этапе исследовано взрывание с применением СИНВ. Для инициирования зарядов ВВ в скважинах применяли ударно-волновые трубки (УВТ) СИНВ-С с интервалом замедления 500 мс. Поверхностную сеть монтировали УВТ СИНВ-П с интервалами 25, 42, 67 и 134 мс. На экспериментальных блоках интервалы замедлений подбирали таким образом, чтобы первоначально взрывался дополнительный заряд (в укороченной скважине), а затем основной. Для замедления основного заряда относительно дополнительного в основной скважине применяли комбинацию замедлителей номиналом 42, 67 и 134 мс в поверхностной сети. В результате разница между взрывом основного и дополнительного зарядов составила 17, 42 и 109 мс.

Результаты маркшейдерской съемки развалов взорванных опытных блоков показали, что блоки, на которых применяли взрывание основных и дополнительных зарядов с междскважинными замедлениями в 109 мс, имеют большую на 12-27 % ширину развала относительно других опытных блоков. Чем больше междскважинное замедление, тем больше ширина развала и показатель взрывного перемещения при одинаковом удельном расходе ВВ. Ширина развала при использовании ВВ «Нобелан-2080» на 6 % больше, чем при взрывании игданитом при одинаковом удельном расходе ВВ.

При увеличении удельного расхода ВВ с 1 до 1,2-1,5 кг/м<sup>3</sup> показатели взрывного перемещения практически не возрастают, поэтому оптимальными и наиболее

Таблица 4. Результаты экспериментальных взрывов на сброс по предложенным способам

Показатели.	Опытные блоки											
	С применением ДШ и РП				С применением СИНВ							
	№ 48	№ 49	№ 50	№ 51	№ 52	№ 53	№ 54	№ 55	№ 56	№ 57	№ 58	№ 59
Высота вскрышного уступа, м	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Число основных скважин	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Число дополнительных скважин	6	6	6	6	18	18	18	18	18	18	18	18
Глубина основных скважин, м	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Глубина дополнительных скважин, м	4,0	4,0	4,0	4,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Сетка скважин, мхм	5×5	5×5	5×5	5×5	5×5	5×5	4×4	4×4	4×4	4,8×4,8	4,8×4,8	4,8×4,8
Угол наклона основных скважин, градус	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Угол наклона дополнительных скважин, градус	90	90	90	90	60	60	60	60	60	60	60	60
Интервал междскважинных замедлений, мс	35	35	35	35	109	109	109	42	17	109	42	17
Диаметр долота (заряда), мм	215	215	250	250	215	215	215	215	215	215	215	215
Тип ВВ	Игданит											
Удельный расход ВВ, кг/м <sup>3</sup>	0,7	1,0	1,2	1,5	1,0	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Величина заряда ВВ в основных скважинах, кг	149	212	255	319	144	187	136	136	136	204	204	204
Величина заряда ВВ в дополнительных скважинах, кг	70	100	120	132	68	68	68	68	68	90	90	90
Длина основного заряда, м	4,4	6,2	5,8	7,2	4,2	5,5	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5
Длина дополнительного заряда, м	2,1	2,9	2,7	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Длина забойки основного заряда, м	4,1	2,3	2,7	1,3	4,3	3,0	4,5	4,5	4,5	4,0	4,0	4,0
Длина забойки дополнительного заряда, м	1,9	1,1	1,3	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Заряд	Сплошной колонковый											
Инициирование	Обратное											
Объем блока, тыс. м <sup>3</sup>	4,4	4,4	4,4	4,4	3,8	3,8	2,4	2,4	2,4	3,5	3,5	3,5
Объем породы, сброшенной во внутренний отвал, тыс. м <sup>3</sup>	1,32	2,2	2,2	2,2	1,9	1,9	1,2	1,06	0,87	1,85	1,57	1,29
Ширина развала, м	20-22	35	35	35	33-35	33-35	33-35	27-29	22-24	33-35	28-30	23-25
Показатель взрывного перемещения	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,44	0,35	0,53	0,45	0,37

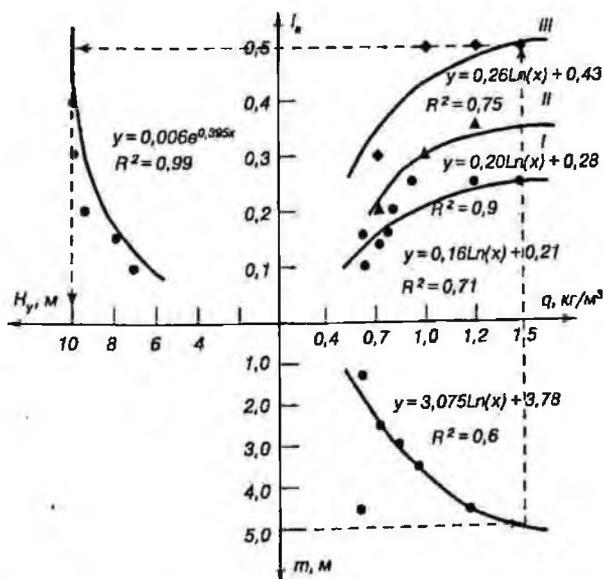


Рис. 2. Номограмма для определения показателя взрывного перемещения (сброса) разнопрочных вскрышных пород: I — вертикальные скважинные заряды; II — наклонные скважинные заряды; III — наклонные скважинные заряды с дополнительными укороченными скважинами

мощности крепких пропластков  $m$ , удельном расходе ВВ  $q$  и высоте уступа  $H_y$  (рис. 2).

По результатам исследований и экспериментальных взрывов выполнена сравнительная оценка энергетических затрат при традиционной технологии ведения горных работ (с применением взрывов на рыхление) и предлагаемой — со взрывным перемещением вскрышных пород во внутренние отвалы карьера. При этом использована методика приведения энергетических затрат на экскавацию, транспортирование и взрывание (энергия ВВ) к условному топливу [9, 10]. Установлено, что предложенная для карьера «Ташкура» технология взрывного перемещения пород позволяет снизить расходы дизельного топлива на 15–25 %, электроэнергии — на 14–25 %, при увеличении расхода ВВ на 18–30 %. При этом общие приведенные энергетические затраты на взрывное перемещение вскрышных пород во внутренний отвал на 12–18 % меньше, чем их доставка автомобильным транспортом.

Библиографический список

1. Черниговский А. А. Применение направленного взрыва в горном деле и строительстве. — М.: Недра, 1976.
2. Репин Н. Я. Подготовка и экскавация вскрышных пород угольных разрезов. — М.: Недра, 1978.
3. Грачев Ф. Г., Репетух В. К. Выемка разноструктурных вскрышных пород при бестранспортной системе разработки // Горный журнал. — 1981. — № 10.

экономичными следует считать параметры блоков № 49 и 52. По результатам опытных взрывов, приведенным в табл. 3, 4 составлена номограмма для определения показателя взрывного перемещения  $I_a$  при известных

4. Рашкин А. В., Дорофеев В. А., Авдеев П. Б. и др. Технология горных и буровзрывных работ в сложных гидрогеологических и геокриологических условиях разреза «Восточный» // ГИАБ. — 2006. — № 5.
5. Рубцов С. К., Ершов В. П., Бибики И. П. Определение безопасной величины недобура, обеспечивающего сохранность фосфопластов от взрывного воздействия // Горный вестник Узбекистана. — 2005. — № 3.
6. Викторов А. С., Галченко Ю. П., Закалинский В. М., Рубцов С. К. Разрушение горных пород сближенными зарядами. — М.: Научтехлитиздат, 2006.
7. Быковцев А. С., Прохоренко Г. А., Сытенков В. Н. Моделирование геодинамических и сейсмических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых. — Ташкент: Фан, 2000.
8. Мальгин О. Н., Сытенков В. Н., Рубцов С. К. Взрывное рыхление разнопрочных пород для поточных технологий разработки пластовых месторождений. — Ташкент: Фан, 2006.
9. Тангаев И. А. Энергоемкость процессов добычи и переработки полезных ископаемых. — М.: Недра, 1986.

10. Смирнов В. П., Лель Ю. И. Теория карьерного большегрузного автотранспорта. — Екатеринбург: УрО РАН, 2002. □

Бибики Иван Павлович,  
e-mail: bibik\_gvu@rambler.ru  
Ивановский Денис Сергеевич,  
e-mail: Deniszar@mail.ru

RESEARCHES OF TECHNOLOGY OF BULK BLASTS REALIZATION AT MINE "TASHKURA"

Bibiki I. P., Ivanovskii D.S.

Research results of results of experimental-industrial works on creation of power saving technology of explosive displacement various robust overburden rocks are presented to inside dumps of the mine.

Key words: sheet deposit, parameters of drilling and blasting operations, indicator of the explosive displacement, reduced energy demands.

УДК 622.233.016.25:622.235

Б. Н. КУТУЗОВ (МГГУ)

А. Г. БЕЛЯЕВ, В. И. ПАСЫНКОВ (ООО «Азот-Черниговец»)

В. Н. РАЗУМЕНКО (ГК «Азот-Взрыв»)

## ООО «АЗОТ-ЧЕРНИГОВЕЦ»: НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОМПЛЕКСА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ДЛЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КУЗБАССА



Б. Н. КУТУЗОВ,  
проф., д-р техн. наук



А. Г. БЕЛЯЕВ,  
генеральный директор



В. И. ПАСЫНКОВ,  
главный инженер



В. Н. РАЗУМЕНКО,  
начальник департамента  
новых проектов

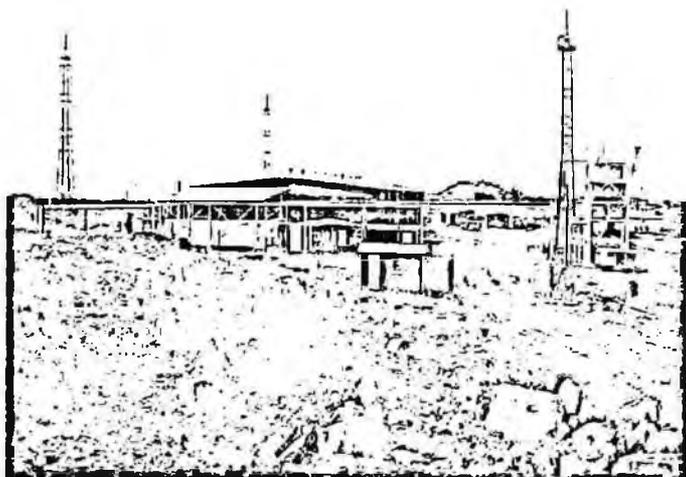
Представлен опыт создания и становления специализированного предприятия ООО «Азот-Черниговец» по проведению полного комплекса буровзрывных работ, включая изготовление простейших взрывчатых веществ для горнодобывающих предприятий Кузбасса, на основе оказания услуг и взаиморасчетов за 1 м<sup>3</sup> взорванной горной массы.

Ключевые слова: буровзрывные работы, подготовка горной массы, эмульсионные ВВ, модульная установка, смеситель но-зарядные машины, буровые станки, специализированные услуги, взаиморасчеты.

разрабатывающее на севере Кемеровской области открытым способом каменные угли различных марок с годовым объемом взорванной горной массы до 40 млн м<sup>3</sup>. Протяженность угольного разреза достигает 11 км, ширина — до 2 км, глубина — 180 м.

В 2004 г., после становления предприятия, формирования его основных служб, проработки возможных вариантов выполнения поставленных задач, заключения договоров и оформления разрешительной документации началась производственная деятельность ООО «Азот-Черниговец». На первом этапе организовано производство в смесительно-зарядных машинах (СЗМ) МЗ-ЗБ простейших аммиачно-селитряных ВВ (гранулит РП). В 2005 г. введены в эксплуатацию две импортные СЗМ «Универсал» для зарядания скважин эмульсионным взрывчатым веществом — ЭВВ «Нитронит», а

Общество с ограниченной ответственностью (ООО) «Азот-Черниговец» учреждено в конце 2003 г. холдинговой компанией «Сибирский Деловой Союз» (ХК «СДС-Уголь») и группой компаний (ГК) «Азот-Взрыв» как специализированная организация по оказанию услуг в области буровзрывного дела. Основным заказчиком услуг является одно из крупнейших угольных предприятий Кузбасса — ЗАО «Черниговец».



Модульная смесительная эмульсионная установка контейнерного типа по подготовке невзрывчатых компонентов ЭВВ

также закуплены доставщики ДК-25 для перевозки эмульсии. В том же году в составе ООО «Азот-Черниговец» создан участок взрывных работ и таким образом осуществлен переход от продажи ВВ заказчику к оказанию полного комплекса услуг по изготовлению ВВ и проведению взрывных работ в разрезе, с продажей горнодобывающему предприятию взорванной горной массы по договорной цене.

В 2006 г. введен в эксплуатацию пункт приготовления невзрывчатых компонентов ЭВВ производительностью до 30 тыс. т эмульсии «Нитронит» в год; в 2007 г. создан буровой участок и получены в аренду пять импортных буровых станков DML (фирмы Atlas Copco) и D 50 KS (фирмы Drilltech Mission). В 2007–2008 гг. на базе ОАО «Разрез Киселевский» организован филиал ООО «Азот-Черниговец» для подготовки взорванной горной массы с использованием ВВ собственного производства на горных предприятиях центральной части Кузбасса, а также построен и введен в эксплуатацию расходуемый склад средств инициирования и заводских ВВ.

Таким образом, в период с 2003 по 2008 г. сформировано и в настоящее время успешно функционирует специализированное предприятие ООО «Азот-Черниговец», которое на договорных условиях осуществляет весь комплекс буровзрывных работ (БВР) — от бурения скважин, производства простейших аммиачно-селитряных и эмульсионных ВВ до доставки ВВ и средств инициирования на блоки, заряжания скважин и проведения массовых взрывов с заданным качеством дробления горной массы.

В настоящее время структура ООО «Азот-Черниговец» включает следующие подразделения: Управление; цех подготовки компонентов ЭВВ со складским хозяйством; участки буровых и взрывных работ; автохозяйство; службу главного электромеханика. Общая численность персонала предприятия составляет 249 человек, средний возраст — 36 лет. Среди рабочих основных профессий 40 % имеют высшее образование.

Комплекс сооружений и оборудования цеха подготовки компонентов ЭВВ занимает площадь 5 га, на которой расположены закрытый склад аммиачной селитры (АС) из легких металлоконструкций (ЛМК) вместимостью 480 т, открытые площадки для хранения 600 т АС, смесительная эмульсионная модульная передвижная (СЭМП) установка контейнерного типа, два модуля — очистки воды и разогрева эмульгатора, контейнерное хранилище топлива, здание подготовки

раствора газогенерирующей добавки (ГГД), два здания из ЛМК для хранения ВМ (включая детонирующий шнур — до 120 т и средства инициирования — до 300 тыс. ед.), бытовые и санитарные модули, пожарные резервуары, системы освещения и молниезащиты, ограждение периметра с КПП.

Основным производственным объектом цеха является технологическое оборудование контейнерного типа СЭМП, изготовленное фирмой International Explosives Equipment (IEE, Австралия) по техническому заданию и техническим условиям, разработанными ЗАО «Институт взрыва» (ГК «Азот-Взрыв»).

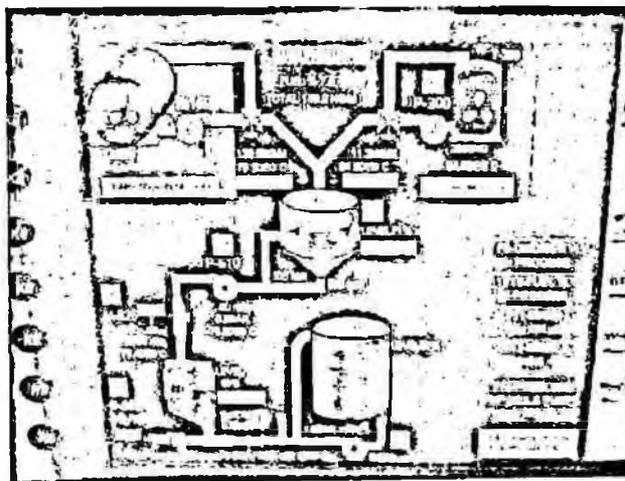
Оборудование было поставлено в трех 40-футовых утепленных контейнерах, в которых размещены модули: электрический, смешения, управления, растворения АС, парогенератора и подготовки топливной фазы.

Автоматизированная контрольная система установки СЭМП работает без вмешательства человека; управление технологическим процессом осуществляет один оператор с контрольными функциями. Все технологические параметры процесса контролируются системой управления, при их отклонении от заданных значений технологический процесс автоматически останавливается.

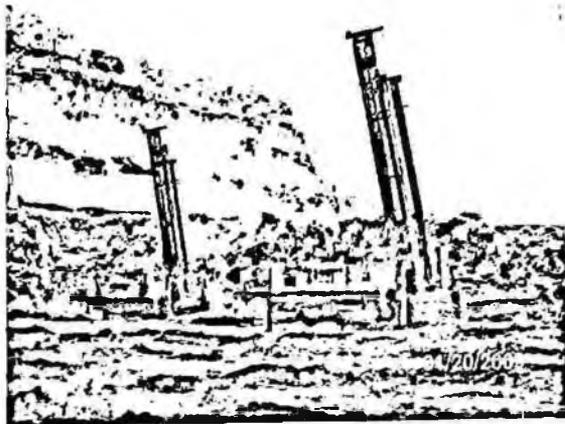
Модульное исполнение установки СЭМП и поставка ее с кабельными и трубными соединениями между тремя контейнерами в состоянии полной готовности к проведению пусконаладочных работ позволили практически исключить затраты предприятия на строительные-монтажные работы и сократить сроки ввода объекта в эксплуатацию.

Выделение из состава ЗАО «Черниговец» и передача в ООО «Азот-Черниговец» участка взрывных работ, а затем и бурового позволили довести уровень механизированного заряжания скважин до 99 % и существенно повысить производительность труда взрывперсонала, обновить и пополнить парк буровых станков. Динамика производительности труда персонала взрывного участка (м<sup>3</sup> взорванной горной массы на одного работника) приведена ниже.

	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.
Численность взрывперсонала, чел.	20	20	23	23	25
Производительность, м <sup>3</sup> /чел.	1755	1694,2	1595,9	1823,7	2001,7



Пульт автоматизированного контрольного управления установки СЭМП



Буровые стакы DML (Atlas Copco) в карьере

Автохозяйство ООО «Азот-Черниговец» включает 10 СЗМ различных типов и модификаций общей вместимостью 134 т (табл. 1), а также доставщик эмульсии ДК-25, автомобили-фургоны для перевозки взрывчатых веществ на шасси КамАЗ (6 ед.), топливозаправщик на шасси КамАЗ, оперативные и дежурные автомобили.

Особое внимание при приобретении и эксплуатации оборудования уделяется промышленной безопасности. В технологии приготовления эмульсии «Нитронит» на установке СЭМП предусмотрены особые элементы безопасности: низкое номинальное рабочее давление; система блокировки технологического процесса (пневматическая или электрическая), обеспечивающая подачу сигнала тревоги или остановку завода и включающая температурный контроль на всех технологических насосах; системы защиты от избыточного давления в каждой интегрированной линии с помощью устройств автоматического наблюдения, подключенных к системе полной остановки комплекса и оснащенных предохранительными клапанами; автоматизированная контрольная система.

Доставку компонентов эмульсионных и простейших аммиачно-селитряных ВВ к местам проведения взрывных работ осуществляют в смесительно-зарядных машинах по дорогам общего пользования и горных предприятий как невзрывчатых веществ — класс опасности 5.1, а приготовление ВВ — непосредственно при зарядании скважин путем смешивания в СЗМ невзрывчатых компонентов.

Кислородный баланс ЭВВ «Нитронит» легко регулируется при их производстве, что позволяет снизить вредные

выбросы газов в 10–30 раз по сравнению со взрывами промышленных (заводских) тротилсодержащих ВВ. Кроме того, ЭВВ негигроскопичны, не подвержены вымыванию из обводненных скважин, в связи с чем не оказывают экологической нагрузки на окружающую среду. На безвредное применение ЭВВ «Нитронит» и его компонентов — эмульсии и ГГД — получены санитарно-эпидемиологические заключения Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

ООО «Азот-Черниговец» осуществляет свою деятельность в строгом соответствии с требованиями Единых правил безопасности при ведении взрывных работ и других регламентирующих документов; имеет все необходимые лицензии на производство, хранение, использование и распространение ВВ промышленного назначения. Внешний контроль состояния промышленной безопасности осуществляют инспекторы Кемеровского управления Ростехнадзора, по результатам которого разрабатывают и выполняют в установленные сроки соответствующие мероприятия.

Реализованный в ООО «Азот-Черниговец» полный комплекс буровзрывных работ для горнодобывающих предприятий Кузбасса соответствует новейшим в мире достижениям и тенденциям развития взрывного дела, ориентированным на выполнение такого рода работ.

Кроме широкого и масштабного приготовления и использования ЭВВ, с 2005 г. осуществлен переход на применение неэлектрических систем инициирования с различными схемами внутрискважинного и поверхностного монтажа взрывной сети. Используются разнообразные виды скважинных зарядов ВВ — сплошные, рассредоточенные воздушными промежутками или инертным материалом, комбинированные. Для достижения эффективного дробления горных пород в зависимости от конкретных горно-геологических условий применяют различные виды взрывных скважин — вертикальные, наклонные, спаренные.

Основными компонентами матричной эмульсии «Нитронит» являются аммиачная селитра, дизельное топливо и высококачественные эмульгаторы PIBSA и SMO фирмы Lubrizol. Из пористой АС (ПАС) и дизельного топлива в СЗМ изготавливают АНФО, которое смешивают с эмульсией в различных пропорциях, а в качестве сенсбилизатора вводят газогенерирующую добавку. Технические условия, нормативная техническая и технологическая документация на СЗМ «Универсал», эмульсию «Нитронит» и ЭВВ «Нитронит» разработаны ЗАО «Институт взрыва», входящим в ГК «Азот-Взрыв».

Таблица 1. Парк смесительно-зарядных машин

Типы, число СЗМ	Производитель	Краткая характеристика
«Универсал», 5 ед.	Trade Star, США (IEE, Австралия)	Производит ЭВВ «Нитронит» Э-100, Э-70 для обводненных скважин и Э-50, Э-20 — для сухих, из невзрывчатых компонентов путем их смешивания в процессе зарядания
МЗ-3Б, 4 ед.	Карпинский машиностроительный завод	Производит аммиачно-селитряные ВВ (гранулит РП) для сухих скважин из компонентов путем их смешивания в процессе зарядания
СЗМ-10 на шасси КраЗ, (2007 г.), 1 ед.	Красноармейский научно-исследовательский институт механизации	Производит ЭВВ «Нитронит» Э-100, Э-70 для обводненных скважин из невзрывчатых компонентов путем их смешивания в процессе зарядания

Смесительно-зарядные машины последнего поколения оснащены компьютером с пультами управления в кабине водителя-оператора и на внешней панели, что позволяет устанавливать и контролировать точные пропорции компонентов для любых марок ЭВВ. Производительность СЗМ за счет их качественного обслуживания и интенсивной эксплуатации существенно увеличилась (табл. 2). Внедрена система спутникового контроля за перемещением СЗМ по территории

Таблица 2. Динамика объемов применения ВВ собственного изготовления и производительности СЗМ

Показатель	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.
Гранулит РП, тыс. т	10,6	11,4	12,5	19,3
ЭВВ «Нитронит», тыс. т	8,6	11,7	14,1	19,3
Всего, тыс. т	19,2	23,1	26,6	38,6
Средняя производительность одной СЗМ, т ВВ/год	4791	5140,1	5314,3	7282,6

Кемеровской и Новосибирской областей на удаленные горные предприятия. Система GPS-контроля установлена на двух СЗМ, в перспективе планируется установить их на все СЗМ.

После передачи комплекса БВР в ООО «Азот-Черниговец» был разработан и осуществлен ряд технико-технологических и организационных мероприятий по повышению их эффективности. Осушение скважин с небольшим притоком воды с помощью установок Legra позволяет использовать при их зарядании более дешевые неводоустойчивые ВВ типа гранулит. Вместо применявшихся ранее четырех диаметров взрывных скважин осуществлен переход на два диаметра — 203 и 216 мм, с применением шарошечных долот с клиновой поверхностью штырей (производство ОАО «Волгабурмаш»), наиболее отвечающих принципу «цена — качество». Разработаны также меры стимулирования буровых бригад в целях повышения производительности бурения скважин и экономии бурового инструмента. За счет высоких «боевых» характеристик ЭВВ «Нитронит» удалось расширить сетку скважин и увеличить выход взорванной горной массы с одного метра взрывной скважины.

Качество буровзрывной подготовки горной массы к последующим технологическим операциям является основным критерием оценки эффективности деятельности ООО «Азот-Черниговец», его инженерно-технологических служб. В свою очередь, качество взорванной горной массы можно оценить по производительности экскаваторного парка, которая с 2004 г. увеличилась на 40–45 %.

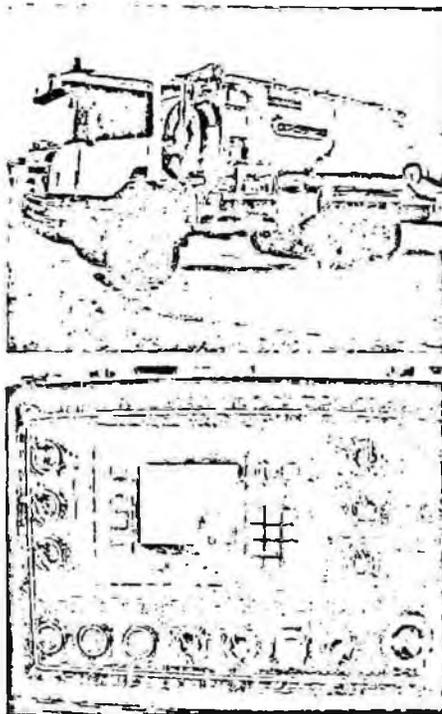
Стоимость (ставка) 1 м<sup>3</sup> взорванной горной массы при взаиморасчетах с основными заказчиками услуг (разрезы «Черниговец» и «Киселевский») определяют по формуле цены, которую рассматривает и утверждает Совет директоров предприятия. В формуле учтены условно-постоянные и условно-переменные затраты ООО «Азот-Черниговец» на изготовление ВВ, буровые и взрывные работы. При изменении цен на сырьевые компоненты и энергоносители ставку на 1 м<sup>3</sup> взорванной горной массы пересматривают. Полученную предприятием прибыль расходуют на текущую деятельность, направляют на выплаты учредителям по их инвестиционным вложениям,

оплату аренды, выплаты по собственным кредитным займам и на инновационное развитие, в том числе приобретение новой техники и оборудования.

В настоящее время ООО «Азот-Черниговец» предоставляет услуги по производству БВР основному заказчику — ХК «СДС-Уголь» на разрезах «Черниговец» и «Киселевский», а также десяти горнодобывающим предприятиям Северного и Центрального Кузбасса: ООО «Барзасское товарищество», ООО «Северный Кузбасс», ООО «Барзасский карьер», ООО «Кемеровский каменный карьер», ООО «Карьер Можухинский», ЗАО «Салек», ОГР «Шахта им.

Дзержинского». Общий объем взорванной горной массы в 2008 г. составил около 60 млн м<sup>3</sup>, ожидаемый в 2009 г. — 64 млн м<sup>3</sup>.

В России и других странах СНГ уже довольно широко распространена практика проведения взрывных работ специализированными организациями на условиях оказания услуг горнодобывающим предприятиям, но, как правило, эти услуги ограничиваются изготовлением, доставкой на блоки и участием в зарядании скважин, с взаиморасчетами с заказчиком услуг за израсходованные ВВ по договорной цене. Опыт специализированного предприятия ООО «Азот-Черниговец» по выполнению полного комплекса буровзрывной подготовки горной массы на условиях продажи 1 м<sup>3</sup> взорванной горной массы по фиксированной ставке показывает, что оказание услуг в такой форме стимулирует применение всех возможных организационных и технических методов и средств для снижения конечных затрат по всему комплексу БВР и прежде всего — инновационное развитие взрывного дела. □



Смесительно-зарядная машина «Универсал». Внизу — пульт управления в кабине водителя

Кутузов Борис Николаевич,  
тел.: (495) 236-95-51  
Беляев Александр Григорьевич,  
e-mail: azot@chernigovets.ru  
Пасынков Виктор Иванович,  
e-mail: azot@chernigovets.ru  
Разуменко Владимир Николаевич,  
e-mail: vladimir.razumenko@azotvzryv.ru

LLC "AZOT-CHEMNIGOVETS": NEW DEVELOPMENTS OF IMPROVEMENT OF DRILLING AND BLASTING COMPLEX FOR THE MINING ENTERPRISES OF KUZBASS  
Kutuzov. B. N., Belyaev A. G., Pasyukov V. I.,  
Razumenko V. N.

Experience of creation and development of the specialized enterprise LLC "Azot-Chernigovets" on realization of a full complex of drilling and blasting works, including production of the elementary blaster agents for the mining enterprises of Kuzbass, on the basis of rendering service and settlement payments for 1 m<sup>3</sup> the blasted mined rock is presented.

Key words: drilling and blasting works, preparation of mined rock, emulsion explosive, module installation, mix-pump truck, rock drills, specialized services, settlement payments.

УДК 622.7.069

А. С. КИРНАРСКИЙ («Инжиниринг Доберсек ГмбХ»)

## ПРИНЦИП ОДНОФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



А. С. КИРНАРСКИЙ,  
эксперт по обогащению полезных  
ископаемых, д-р техн. наук

При обогащении полезных ископаемых разделение минеральных компонентов осуществляется по нескольким признакам. Например, в условиях гравитационного обогащения имеет место разделение минеральных частиц по крупности и плотности. Многофункциональность разделения обеспечивает определенную чистоту продуктов, но затрудняет достижение максимальной эффективности технологического передела. Исследователями «Инжиниринг Доберсек ГмбХ» была предпринята попытка показать, что каждый процесс или аппарат, реагент или разделительная среда должны иметь одно технологическое назначение, и максимальная эффективность достигается только при определенных заданных условиях, к которым следует отнести верхнюю и нижнюю границы значения фактора разделения. Отклонение от заданных значений, обусловленное совмещением разделительных функций, сопряжено с ухудшением показателей разделения. Практическая значимость данного подхода заключается в выборе принципиально новых технологических схем при обогащении минерального сырья.

Известно, что при обогащении полезных ископаемых случайные физические величины подчиняются стандартному непрерывному и равномерному распределению на некотором вероятностном поле относительно одного из разделительных признаков. Показателем равновесного состояния системы, например при гравитационном обогащении по крупности (плотности) минеральных частиц, является граничная крупность (плотность) разделения мелкого класса (фракции). Следовательно, асимметрия функции нормального распределения при наличии двух разделительных признаков указывает на снижение эффективности разделения и переход системы в новое равновесное состояние с большей погрешностью, т. е. при наличии в продуктах посторонних примесей.

Из рис. 1 видно, что средневероятное отклонение (эффективность разделения, мм) равно:

$$E_{\text{рп}} = \frac{X_{75} - X_{25}}{2}$$

Рассмотрены основные особенности обогащения полезных ископаемых по разделительным признакам — крупности и плотности частиц.

Ключевые слова: принцип однофункциональности, разделительные признаки, крупность, плотность.

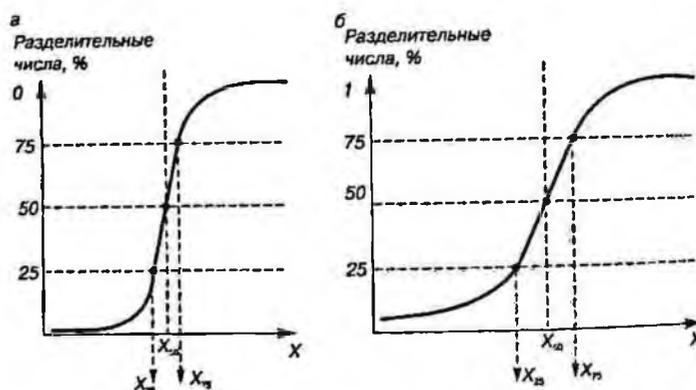


Рис. 1. Характеристики разделения частиц при действии одного (а) и двух (б) разделительных признаков

Таким образом, наличие примесей в продуктах разделения в процессе обогащения полезных ископаемых меньше при разделении только по одному разделительному признаку и не противоречит законам термодинамики, согласно которым любая система стремится к равновесию, при этом по одному параметру ее легче привести в равновесие, нежели по нескольким параметрам одновременно. Переход из одного равновесного состояния в другое осуществляется последовательно или ступенчато при совершении ряда промежуточных операций, при этом каждое превращение системы протекает при постоянстве одной из переменных. Например, гравитационное разделение по крупности осуществляется в условиях, когда влияние плотности частиц сведено к минимуму. Следующая операция гравитационного обогащения выделенных классов по плотности должна сводить к минимуму влияние крупности минеральных частиц. Флотация гравитационного концентрата исключает или приводит к минимальному влиянию крупности и плотности частиц.

Таким образом, в процессе обогащения система переходит из начального равновесного состояния (начальный энергетический уровень) в конечное энергетическое состояние системы (конечный энергетический уровень) через ряд промежуточных технологических операций, на каждой из которых достигается равновесие по одному из признаков, а влияние других разделительных признаков сводится к минимуму (рис. 2). Так, разделение

по крупности позволяет привести систему в равновесие при проведении технологического процесса только по одному разделительному признаку (крупности частиц), в то время как влияние плотности значительно снижается.

Привести систему в равновесие одновременно по всем разделительным признакам затруднительно, так же, как невозможно осуществить цикл теплового двигателя, одновременно изменяя давление, температуру и объем рабочего тела.

Следовательно, термодинамически обогащение полезных ископаемых представляет собой неравновесный, включающий ряд последовательных технологических операций стационарный процесс, протекающий с подводом значительного количества энергии.

**Тяжелосредняя сепарация полезных ископаемых**

Разделение полезных ископаемых в тяжелых жидкостях служит примером однофункционального процесса, в котором сепарация осуществляется по контрастности плотности минералов. Наличие тонкодисперсных шламов ухудшает сепарационные характеристики тяжелосредних сепараторов, но это не означает, что крупность перерабатываемого материала является разделительным признаком. Высокодисперсные шламы приводят к изменению свойств разделительной среды: повышают ее вязкость и плотность.

Обогащение по одному разделительному признаку — плотности разделяемых частиц — может привести к максимальной эффективности гравитационного обогащения в результате сведения к минимуму крупности разделяемого материала.

Взаимосорение примесями продуктов разделения достигает минимального уровня при разделении по одному из признаков (рис. 3).

Из рис. 3 видно, что при обогащении в отсадочной машине или мокром винтовом сепараторе, где разделение материала происходит по двум признакам (плотности и крупности), процесс гравитации не может обеспечить высоких технологических показателей, как при тяжелосреднем обогащении. Для уменьшения влияния крупности при гравитационном разделении угля, например на винтовых или конусных сепараторах, необходимо увеличить число классов крупности, при этом на мелких классах разделение по плотности осуществляется эффективнее.

**Сгущение**

При осветлении разделительной среды совмещаются два технологических процесса при действии двух разделительных

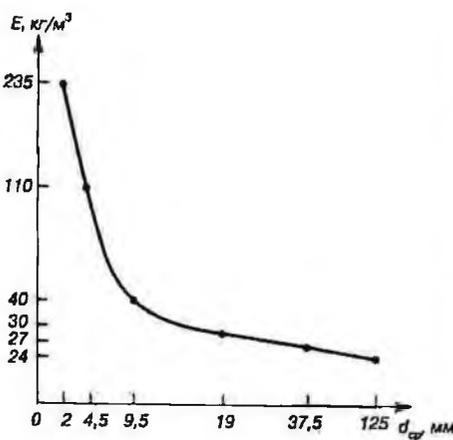


Рис. 2. Зависимости эффективности разделения обогащаемого материала (угля) E от средней крупности частиц

признаков — крупности и плотности частиц твердой фазы. Чем крупнее частица, тем быстрее она оседает и, как следствие, лучше осветляется вода. Осветление гидросмеси сопровождается образованием осадка и его уплотнением. Как и при всех других разделительных процессах обогащения, рассмотренных выше, скорость сгущения зависит от степени разбавления исходного продукта. При небольшом содержании твердых частиц скорость осаждения больше, чем в более плотных суспензиях. Особенность процесса состоит в том, что сгущение и осветление пульпы осуществляется одновременно, при этом твердые частицы, осаждаваясь, уплотняют осадок, выталкивая из него жидкую фазу, которая перемещается вверх.

Различают следующие зоны при осаждении сфлукулированной взвеси: осветления, коллективного осаждения и сжатия осадка. В зоне осветления флоккулы осаждаются с постоянной скоростью в условиях свободного падения, при этом одновременно возрастает высота образующегося осадка. В зоне коллективного осаждения, плотность суспензии в которой соответствует плотности исходной взвеси, процесс протекает в условиях стесненного падения, и скорость образования осветленного слоя снижается, при этом одновременно снижается и высота осадка. На заключительной стадии сгущения суспензии имеет место сжатие осадка под действием его массы. Промежуточная зона представляет переходный этап, выраженный так называемой критической точкой, которая определяется пересечением кривых осаждения и образования осадка.

В разбавленных суспензиях твердые частицы оседают быстрее, чем в концентрированных, но это сопровождается выделением большего объема осветленной жидкости, что при одинаковой производительности по твердому увеличивает скорость восходящих потоков в сгустителе и, как следствие, способствует

переносу тонких частиц в слив. Необходимо, чтобы скорость восходящего потока осветленной жидкости была меньше скорости осаждения частиц.

Таким образом, сгущение — технология, по которой одновременно реализуются два процесса: осветление и сгущение суспензии. На первой стадии происходит осаждение частиц твердой фазы под действием полимерных флокулянтов в условиях разбавленной суспензии, разжижению которой способствует возврат слива гидроциклонов, установленных после сгустителей, с получением сгущенного продукта с умеренным содержанием твердой фазы, что позволяет не только получить осветлен-

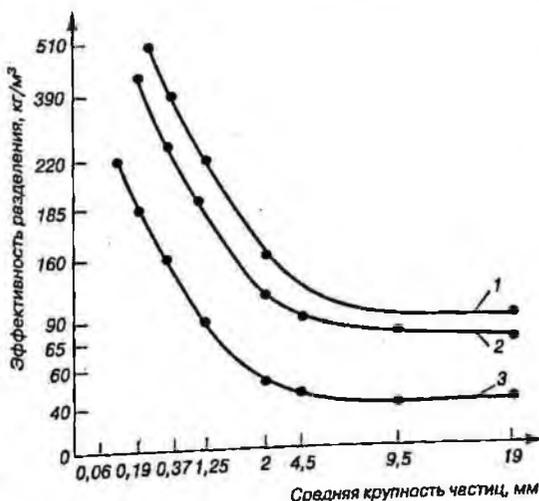


Рис. 3. Сравнительная характеристика гравитационного обогащения каменного угля в различных технологических аппаратах: 1 — тяжелосредний сепаратор; 2 — отсадочная машина; 3 — гидроциклон

ный слой глубиной 1–1,5 м, но и обеспечить непрерывное, равномерное и однородное питание для гидроциклонов. После сгущения можно получить сгущенный осадок плотностью 70–75 %, что позволяет в условиях углеобогательной фабрики реализовать технологическую схему сухого складирования отходов флотации и мокрой винтовой сепарации без применения илонакопителя. Другим преимуществом процессов «осветление — сгущение» является получение чистого слива с высокими показателями гравитационного обогащения.

Применение процессов «сгущение — осветление» представляется менее эффективным, так как удаление шлама перед обработкой суспензии в сгустителе приводит к ухудшению процесса седиментации, а также к нарушению равномерного и однородного питания гидроциклонов.

#### Выводы

1. Совмещение нескольких разделительных признаков в условиях одного технологического процесса приводит к снижению эффективности обогащения в целом в

связи с затруднением образования равновесной системы одновременно по нескольким параметрам.

2. Повышение эффективности технологического процесса требует разделения по одному разделительному признаку. □

Кирнарский Анатолий Семенович,  
e-mail: anatoliy.kirnarskiy@ed-mg.de

#### PRINCIPLE OF MONOFUNCTIONALITY OF SEPARATING PROCESSES AT ENRICHMENT OF MINERAL DRESSING

Kirnarskii A. S.

The main features of a principle of technological monofunctionality at mineral dressing on separated processes, grain size and particle density are presented.

*Key words:* monofunctionality principle, separating signs, size, density.

УДК 662.778.2

И. М. ЗЕЛЕНОВА (ИМЕТ им. А. А. Байкова)

## ВЫДЕЛЕНИЕ ТОНКОИЗМЕЛЬЧЕННЫХ СЛАБОМАГНИТНЫХ МИНЕРАЛОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ НИЗКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ



И. М. ЗЕЛЕНОВА,  
научный сотрудник,  
канд. техн. наук

*Рассмотрен механизм высокоградиентной мокрой магнитной сепарации в слабом магнитном поле соленоида с использованием суспензоида — магнетита или железного порошка. Представлены результаты высокоэффективной сепарации руд и продуктов, содержащих слабомагнитные минералы.*

*Ключевые слова:* высокоградиентная магнитная сепарация, соленоид, суспензия, гематит, магнетит, флокулообразование.

Магнитную сепарацию применяют при обогащении железных руд, а также в комбинированных схемах при обогащении руд цветных и редких металлов. Самой экономичной является сепарация в слабых магнитных полях напряженностью до 120 кА/м, применяемая при обогащении сильномагнитных руд, содержащих минералы с удельной магнитной восприимчивостью более  $3,8 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/кг, таких, как магнетит, титаномагнетит, маггемит.

Для извлечения средне- и слабомагнитных минералов (гематит, лимонит, вольфрамит, ильменит и др.), магнитная восприимчивость которых составляет от  $(7-8) \cdot 10^{-6}$  до  $(1-3) \cdot 10^{-7}$  м<sup>3</sup>/кг, применяют полиградиентные (высокоградиентные) сепараторы с внешним магнитным полем напряженностью более 400 кА/м.

Использование магнитных полей большой напряженности и конструктивно сложных полиградиентных сепараторов значительно удорожает процесс магнитной

сепарации и увеличивает капитальные затраты при строительстве или реконструкции фабрик.

Одним из энергосберегающих и экономичных способов извлечения слабомагнитных минералов может являться обогащение в объемном магнитном поле низкой напряженности (20–50 кА/м), создаваемом соленоидом. При этом в качестве магнитно-осадительной среды для минералов используется магнетит или железный порошок.

При наложении магнитного поля на гидродинамический поток ферромагнитной суспензии (концентрация твердого более 10 %) за счет магнитной флокуляции усиливается структурированность суспензии с образованием подвижного концентрированного слоя в области действия магнитного поля соленоида. Благодаря перераспределению магнитного потока, создаваемого внешним полем, в рабочем объеме ферромагнитного слоя, вблизи точек контакта флокул и частиц магнетита, во флокуле появляются объемные участки с высокой неоднородностью магнитного поля, величина

© Зеленова И. М., 2010

которого аналогична градиенту напряженности ( $\text{grad } H$ ) в полиградиентной среде. Расчеты показывают, что для частиц магнетита крупностью  $0,4 \cdot 10^{-3}$  м при напряженности поля  $40 \cdot 10^3$  А/м  $\text{grad } H$  составляет  $20 \cdot 10^8$  А/м<sup>2</sup>, для флоккулы, эффективный диаметр которой  $0,67 \cdot 10^{-3}$  м,  $\text{grad } H$  достигает  $40 \cdot 10^8$  А/м<sup>2</sup>. Это способствует извлечению слабомагнитных частиц в область ферромагнитного слоя, а сила потокоцепления удерживает их во флоккулах. Магнитные силы, возникающие в ферромагнитном слое, пропорциональны напряженности внешнего магнитного поля, формфактору частиц и флоккул и определяют высокоградиентную зону, охватывающую весь объем ферромагнитного слоя\*.

Участие слабомагнитных минералов во флокулообразовании магнитных суспензий исследовали с использованием магнетита и железного порошка в качестве ферромагнитной среды, извлекаемым минералом служил гематит Оленегорского месторождения и гематитомартитовая руда Михайловского месторождения. Для проведения лабораторных опытов готовили смеси минералов: магнетит-гематит, магнетит-гематит-бадделейт, магнетит-гематит-кварц. Лабораторная установка включала цилиндрическую емкость с коническим дном, помещенную в магнитное поле соленоида, перемешивающее устройство и приспособление для подачи восходящего потока воды для промывки ферромагнитного слоя и удаления немагнитной фракции через сливной желоб. Напряженность поля соленоида регулировали в пределах от 0 до 40 кА/м, скорость восходящего потока — от 0,9 до 1,3 см/с. Эффективность действия магнитных сил оценивали по изменению извлечения гематита в магнитную фракцию и коэффициента захвата  $K_3$ , рассчитываемого по формуле  $K_3 = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) / \varepsilon_0$ , где  $\varepsilon_2$  и  $\varepsilon_1$  — извлечение гематита в магнитную фракцию при наличии магнитного поля и без него соответственно;  $\varepsilon_0$  — извлечение гематита в немагнитную фракцию без наличия магнитного поля.

Влияние напряженности магнитного поля и крупности суспензоида на извлечение гематита из смеси магнетит-гематит (соотношение 5:1) при скорости восходящего потока

жидкости  $0,9 \cdot 10^{-2}$  м/с показано на рис. 1. Как видно, максимальное извлечение гематита достигается при крупности суспензоида, значительно превышающей крупность гематита. Можно предположить, что захват гематита происходит в диапазоне напряженностей, определяющих максимальную магнитную восприимчивость магнетита, и что среднемагнитные минералы, характеризующиеся магнитной восприимчивостью  $10^{-4}$ – $10^{-5}$  м<sup>3</sup>/кг, могут извлекаться при напряженности поля до 30–40 кА/м.

В состав трехкомпонентной смеси, кроме магнетита и гематита, входил бадделейт, его плотность равна плотности гематита, но магнитная восприимчивость на два порядка меньше. Как следует из данных рис. 2, наблюдается значительное превышение коэффициента захвата гематита по сравнению с бадделейтом. Снижение коэффициента захвата бадделейта при напряженности поля, превышающей 20 кА/м, объясняется тем, что в этом случае опыты проводили при скорости восходящего потока воды 1,8 см/с.

При разделении гематита и кварца крупностью –74 мкм использовали их смесь, содержащую 34,5 % железа, суспензодом служил железный порошок, содержащий 99,2 % железа. Максимальное извлечение гематита (95–97 %) достигается при напряженности поля 30 кА/м и более и количестве суспензоида 50–60 % (от общей минеральной смеси). При этом 98 % кварца удаляется с восходящим потоком воды в слив.

Кроме опытов с искусственными смесями, проводили исследования на реальных продуктах. В качестве исходных продуктов крупностью –74 мкм использовали промпродукт магнитной сепарации Оленегорской обогатительной фабрики и гематитомартитовую руду Михайловского месторождения. Магнитная восприимчивость этих продуктов составляет  $(0,3\text{--}0,4) \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/кг. Скорость восходящего потока составляла 0,9 см/с. Результаты опытов при напряженности магнитного поля 14,4 кА/м и скорости восходящего потока воды приведены в таблице.

В ходе полиградиентной доводки гематитомангнетитового концентрата Оленегорской фабрики установлено, что без приложения магнитного поля при снижении крупности питания извлечение гематита снижается, тогда как в магнитном поле соленоида тонкий гематит практически

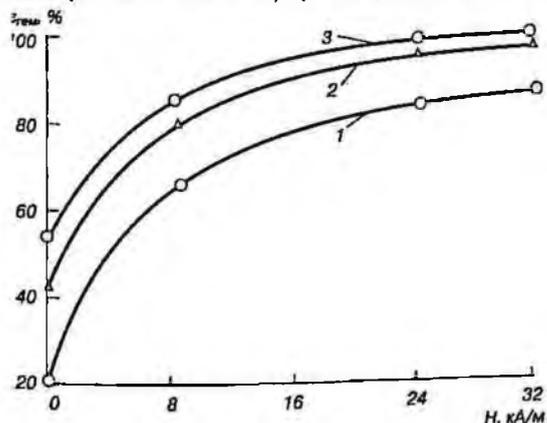


Рис. 1. Зависимость извлечения гематита в магнитную фракцию от напряженности магнитного поля при различной крупности суспензоида (магнетита), мкм: 1 — –74+0 (гематит –74+0 мкм); 2 — –200+150 (гематит –74+0 мкм); 3 — –200+150 (гематит –40+0 мкм)

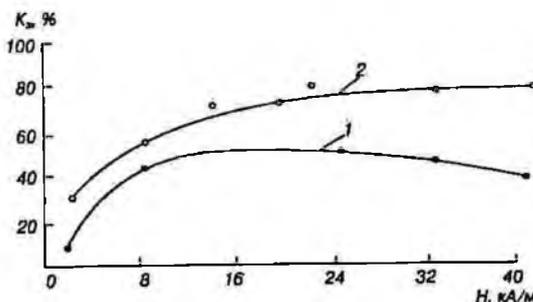


Рис. 2. Зависимость коэффициента захвата гематита (1) и бадделейта (2) крупностью –74 и –40 мкм соответственно от напряженности магнитного поля при крупности суспензоида –200+150 мкм

\* Усачев П. А. Магнитная реология разделения минералов в ферросуспензиях. — Л.: Наука, 1983.

Показатели полиградиентной сепарации

Питание полиградиентной сепарации	Продукт сепарации	Выход, %	Содержание гематитового железа, %	Извлечение гематитового железа, %
Промпродукт магнитной сепарации (Оленегорский ГОК)	Магнитная фракция	52,6	16,1	82,5
	Немагнитная фракция	47,4	3,7	17,5
	Исходный продукт	100,0	10,3	100,0
Гематито-мартитовая руда (Михайловский ГОК)	Магнитная фракция	83,3	34,7	90,8
	Немагнитная фракция	16,7	17,4	9,2
	Исходный продукт	100,0	31,8	100,0

полностью извлекается в магнитную фракцию, а коэффициент его захвата достигает 95–97 % (рис. 3).

Результаты исследований были реализованы в промышленных условиях при сгущении гематитомангнетитового концентрата Оленегорской обогатительной фабрики. Концентрат плотностью 32–35 % содержит 53 % магнетитового и 13 % гематитового железа. Широкий диапазон крупности частиц концентрата не позволяет эффективно применять для его сгущения стандартное оборудование. Была разработана промышленная модель магнитно-гравитационного сгустителя диаметром 1,8 м (МГС-сгуститель). После завершения полупромышленных и промышленных испытаний 12 ед. МГС-сгустителей установлены в отделении обезвоживания фабрики. При напряженности магнитного поля 16 кА/м и скорости восходящего потока воды 2–2,5 см/с производительность одного аппарата достигает 135 т/ч

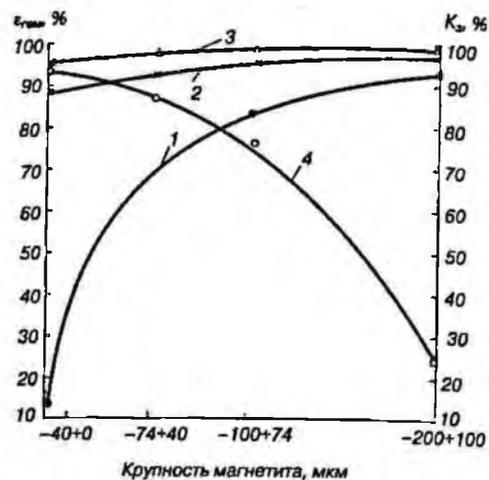


Рис. 3. Зависимость извлечения гематита различной крупности в магнитную фракцию от напряженности магнитного поля  $H$  (1 — 0; 2 — 7; 3 — 12 кА/м соответственно) и коэффициента захвата гематита (4) при  $H = 12$  кА/м

по твердому, или 250 м<sup>3</sup>/ч по пульпе. Извлечение магнетитового и гематитового железа в сгущенный продукт, содержащий 63–65 % твердого, составляет 99,9 и 99,8 % соответственно. [7]

Зеленова Ирина Михайловна,  
e-mail: irizeleno@yandex.ru

ALLOCATION OF FINELY GROUND WEAKLY MAGNETIC MINERALS IN A MAGNETIC FIELD OF LOW INTENSITY  
Zelenova I. M.

The mechanism wet high-gradient magnetic separation in a weak magnetic field of the solenoidal coil with use of suspension colloid, black iron ore or an iron powder is considered. Results of highly effective separation of ores and the products containing low-magnetic minerals are presented.

Key words: high-gradient magnetic magnetic separation, solenoidal coil, suspension colloid, hematite, black iron ore, flocculeproduction.

Н. И. Кобылкин

Русско-английский / Англо-русский геотехнический диверсификационный словарь по алмазной промышленности  
Новосибирск : Советская Сибирь, 2009 — 416 с.

Словарь является первым в России двуязычным словарем, ориентированным на алмазодобывающую промышленность и смежные с ней отрасли, и содержит лексико-терминологический массив, отобранный из оригинальных источников и некоторых специализированных словарей.

В словарь включена лексика по социальным, экономическим, юридическим аспектам деятельности алмазодобывающих компаний, но вопросам экологии и некоторым другим отраслям горнодобывающей промышленности. Словарь также ценен тем, что в него вошли не только постоянно используемые термины, но и современные, возникшие в результате постоянного изменения языка, открытия новых месторождений, обмена информацией между алмазодобывающими компаниями.

Словарь будет полезен не только геологам, геофизикам, горнякам, обогатителям и техническим специалистам по алмазной и другим отраслям горнодобывающей промышленности, но также студентам, аспирантам, преподавателям, руководителям, менеджерам и тем, кто имеет дело с технической литературой на английском языке.

В настоящее время автор продолжает работу над совершенствованием и дополнением словаря, готовя его второе издание.

И. В. ЗЫРЯНОВ,  
заместитель директора института «Якутнипроалмаз»  
по научной работе, д-р техн. наук

**VULCO®**

Wear Resistant Linings

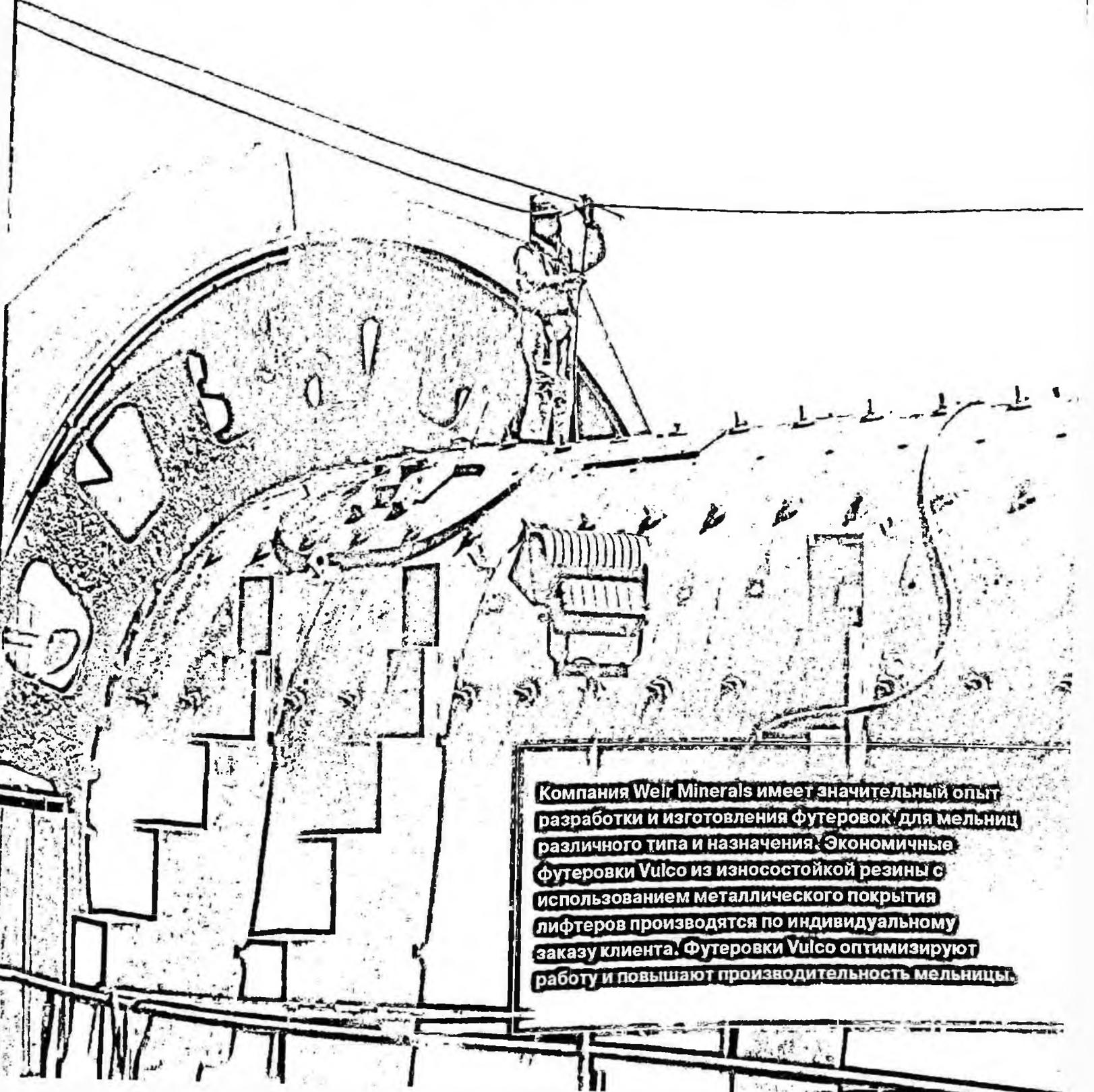
Slurry  
Equipment  
Solutions

**WEIR**

MINERALS

[www.weirminerals.com](http://www.weirminerals.com)

## Мельничные футеровки Vulco®



Компания Weir Minerals имеет значительный опыт разработки и изготовления футеровок для мельниц различного типа и назначения. Экономичные футеровки Vulco из износостойкой резины с использованием металлического покрытия лифтеров производятся по индивидуальному заказу клиента. Футеровки Vulco оптимизируют работу и повышают производительность мельницы.

## «ВМ-ГРУПП»: К КАЖДОМУ ЗАКАЗЧИКУ — ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД

Шарошечными долотами разбурируется весь объем горной массы, подлежащей выемке взрывным способом на карьерах черной и цветной металлургии, угольной промышленности и строительных материалов. В последние годы в связи с ухудшением сырьевой базы и увеличением глубины разработки месторождений во многих случаях повысились прочностные свойства разбуриваемых пород, возросла обводненность, что обуславливает более жесткие требования к породоразрушающему инструменту. Зачастую обеспечить оптимальный режим бурения в условиях конкретного горно-обогатительного комбината можно только за счет использования долота, созданного по индивидуальной схеме. Именно по такому принципу работает со своими заказчиками компания «ВМ-групп», в структуру которой входят четыре крупнейших машиностроительных предприятия — «Волгабурмаш», «Уралбурмаш», «Сарapulьский машзавод», «Дрогобычский долотный завод».

### Комплексное решение

Компания «ВМ-групп» производит более 300 типоразмеров шарошечных долот диаметром от 75 до 393,7 мм с открытыми опорами качения и скольжения, с боковой, центральной продувкой/промывкой для разрушения пород от мягких до очень крепких. Ежегодно разрабатывается более 20 новых и модернизированных конструкций долот.

Основное направление работы компании «ВМ-групп» — это «персональное» производство бурового инструмента на основе базовых конструкций, которое обеспечивает индивидуальный подход к потребителю при максимально возможном сохранении цен серийного производства, также практикуется создание шарошечных долот «с нуля», изначально спроектированных под определенные условия бурения.

С этой целью компания «ВМ-групп» проводит большую комплексную работу, включающую в себя научно-технические изыскания, организацию производства на высочайшем уровне для обеспечения безупречного качества выпускаемой продукции, и, конечно же, обратную связь с потребителем.

### От теории к практике

Для того чтобы предложить заказчику оптимальное горнорудное долото, компания «ВМ-групп» сотрудничает со многими научно-техническими институтами, специалисты которых изучают прочностные и другие физико-механические свойства разбуриваемых

горных пород и проводят исследования механизма разрушения пород шарошечным долотом для оптимизации параметров бурения и достижения максимально возможной производительности и износостойкости долота в конкретных горно-геологических условиях.

Специалисты «ВМ-групп», имеющие в своем распоряжении самые современные программные продукты, разрабатывают конструкции горнорудных долот, в которых рассчитана максимально возможная долговечность вооружения, подшипников опор и долота в целом. На практике это достигается за счет использования прогрессивных износостойких материалов и сплавов и постоянной технологической модернизации цехов.

Так, например, в ходе реконструкции механообрабатывающего производства были установлены 5-осевые горизонтальные обрабатывающие центры, позволяющие за одну технологическую операцию производить полную комплексную обработку сразу двух лап долота, что значительно повысило уровень качества выпускаемой продукции.

Обновление парка оборудования металлургического производства позволило освоить выпуск твердых сплавов высочайшей прочности. Контакт горнорудного долота с породой осуществляется непосредственно через твердосплавное вооружение, поэтому это звено чрезвычайно важно в технологической цепочке для обеспечения высокого качества и стабильности работы долот.

Использование современных камерных печей для химико-термической обработки деталей долот позволяет получить высокопрочный и износостойкий слой на их поверхности, тем самым увеличивая стойкость горнорудных долот.

Технология безззорной сборки и электронно-лучевой сварки одновременно трех основных и подшарошечных швов горнорудных долот без нагрева и деформации изделия позволяет обеспечить высокое качество сборки-сварки породоразрушающего инструмента. Следует отметить, что на предприятиях компании «ВМ-групп» максимальная точность при сборке шарошечных долот достигается за счет замеров основных параметров опор лап и шарошек и компьютерного подбора пар лапа-шарошка и секций долот, обеспечивающего одинаковые зазоры в опорах.

Высокий технический уровень предприятий компании «ВМ-групп» позволяет выпускать качественные



горнорудные долота в кратчайшие сроки с требуемыми заказчиком параметрами.

### Результаты работы

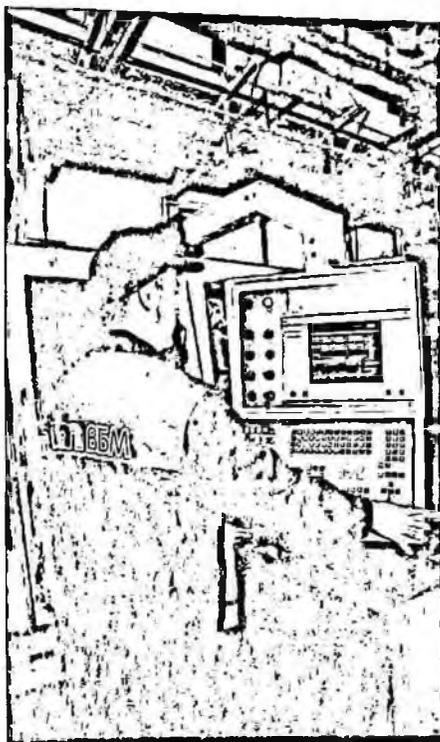
Чтобы выстраивать производственные планы с учетом потребностей заказчиков, направлять силы и средства на решение именно тех задач, которые актуальны для потребителей, компания «ВБМ-групп» большое внимание уделяет организации обратной связи.

Инженеры-исследователи «ВБМ-групп» присутствуют на испытаниях всех новых конструкций долот. Они оценивают различные параметры их эксплуатации, которые затем анализируют и используют как для выработки рекомендаций по оптимальным режимам работы, так и для внесения корректив в конструкции.

Есть множество примеров, когда анализ практических результатов позволил найти новые решения при производстве долот, улучшить их технико-экономические показатели за счет модернизации конструкций.

Например, в результате сотрудничества с ОАО «Карельский окатыш» были созданы новые эффективные долота диаметром 250,8 мм для бурения в твердых абразивных породах с пропластками крепких с центральной продувкой забоя. По результатам их испытаний отмечено увеличение проходки более чем на 15 % по сравнению с серийными долотами, применяемыми на предприятии.

После проведения расширенных испытаний и подтверждения результатов эти долота были запущены в серийное производство. Затем совместно со специалистами ОАО «Карельский окатыш» было принято решение об увеличении диаметра долот. Были созданы долота диаметром 258 мм. Это позволило конструкторам компании «ВБМ-групп» разработать более мощную опору с повышенной стойкостью. Одновременно была пересмотрена сетка скважин, что привело к снижению затрат на 1 м<sup>3</sup> добытой горной массы. Кроме того, для ОАО «Карельский окатыш» и ОАО «Качканарский ГОК» разработано долото диаметром 273 мм для бурения в твердых абразивных породах с пропластками крепких с центральной продувкой забоя, которое демонстрирует стабильные показатели в работе.



Для бурения особо крепких пород в условиях ОАО «Лебединский ГОК» разработаны долота диаметром 244,5 мм для бурения очень крепких пород с центральной продувкой забоя воздухом. По результатам испытаний проходка увеличилась до 20 % по сравнению с серийно применяемыми долотами. В силу высокой крепости пород особые требования предъявляются к качеству твердосплавных зубков, устанавливаемых в долото. Специально для того, чтобы подобрать оптимальный вариант, были проведены испытания долот с вооружением, изготовленным из твердых сплавов различных марок. Кроме того, при проектировании вооружения долота не менее важную роль играет схема поражения забоя. Благодаря созданию современ-

ных эффективных схем специалисты компании «ВБМ-групп» добились увеличения механической скорости долот и уменьшения нагрузки на опору. А селективная сборка горнорудных долот обеспечивает стабильные показатели их работы.

В результате сотрудничества с ЗАО «АК «АЛРОСА» была разработана конструкция долота диаметром 250,8 мм для бурения мягких абразивных пород с боковой продувкой забоя воздухом. После проведения испытаний на основе результатов совместной исследовательской работы была разработана новая конструкция. Агрессивное вооружение и усиленная опора позволили увеличить проходку долота в среднем на 38 %, механическую скорость – на 10 % по сравнению с серийными конструкциями долот. Максимальная общая проходка долота достигает 16000 м. Использование нового долота позволило АК «АЛРОСА» добиться значительной экономии средств.

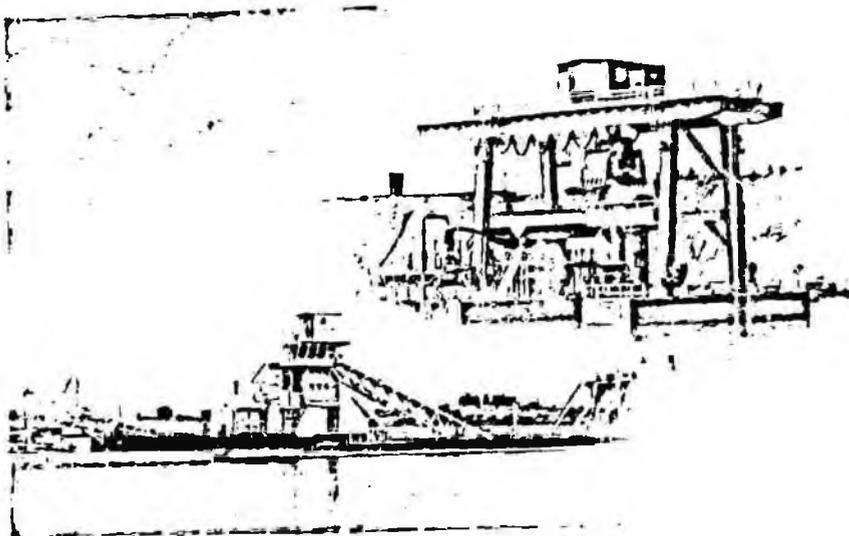
Эффективность выбранных компанией «ВБМ-групп» принципов работы с заказчиком — индивидуальный подход, разработка оптимальных логистических схем, гибкая ценовая политика, кратчайшие сроки производства и отгрузки – подтверждает тот факт, что компания «ВБМ-групп» является лидером на российском рынке, горнорудные долота поставляются в страны Северной и Южной Америки, Южной Африки, Европы и в Австралию.

### Контакты:

Россия, 125212, Москва,  
Ленинградское шоссе, д. 39, стр. 7  
Тел.: +7 495 642-08-07; факс: +7 495 642-09-70  
e-mail: info@vbm.ru  
www.vbm.ru

## СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И НЕМЕЦКОЕ НОУ-ХАУ

Высокопроизводительные земснаряды фирмы «Рор Баггер ГмбХ» реализуют пожелания заказчиков



Промышленная добыча гравия и песка началась более 200 лет назад, и спрос на природное сырье постоянно растет.

Сложности создают не только потребность в огромных объемах добычи, но и специфические местные условия, как, например, слежавшийся песок, глиняные линзы, твердые слои горной породы, большая глубина добычи или множество остатков деревьев и валунов. «Поэтому требуются производительные земснаряды, отвечающие самым различным требованиям и при этом работающие эффективно, с минимумом технического обслуживания и не наносящие ущерба окружающей среде», — говорит Петер Праг, директор фирмы «Рор Баггер ГмбХ».

Немецкое предприятие, расположенное в Мангейме (земля Баден-Вюртемберг), более двух десятилетий является ведущим производителем земснарядов для подводной добычи гравия и песка. Номенклатура выпускаемых изделий включает многоковшовые цепные экскаваторы, плавучие грейферные земснаряды, подводные моторные грейферы, а также плавучие конвейеры и фрикционные барабаны. Кроме того, предприятие ведет большой объем работ по сервисному обслуживанию и поставкам запчастей, а также переоборудованию и ремонту собственных установок и земснарядов других производителей. Компания также предоставляет операционную и диагностическую систему (ОДС),

разработанную и запатентованную фирмой «Рор Баггер ГмбХ». ОДС исключает добычу «вслепую» под водой и предотвращает опрокидывание грейфера. Оператор земснаряда одновременно видит на экране компьютера данные о положении, глубине добычи и производительности установки. Позиционирование земснаряда осуществляется с помощью современной навигационной системы GPS.

Плавучие грейферные земснаряды производства «Рор Баггер ГмбХ» позволяют вести промышленную подводную добычу песка и гравия с глубины 80 м и более.

При этом преимущества для добывающих компаний очевидны: рост производительности, снижение расходов на обслуживание и ремонт и значительное уменьшение дорогостоящего времени простоя.

Богатый опыт «Рор Баггер ГмбХ» в работе в трудных грунтовых условиях и с требовательными клиентами доказывают цифры и факты: предприятие уже изготовило более 250 земснарядов — наиболее впечатляющий из них, несомненно, 15-кубовый двойной плавучий грейферный земснаряд, работающий в США. Гигант, добывающий около 1500 т/ч, принадлежит к самому большому плавучим земснарядам в мире. «Как и другие земснаряды «Рор Баггер ГмбХ», установка имеет очень высокую степень автоматизации и позволяет вести добычу в бесперебойном режиме», — говорит Петер Праг.

Точное согласование составных частей земснарядов друг с другом обеспечивает собственное производство в Мангейме. Здесь опытные конструкторы совместно с квалифицированными технологами и монтажниками с помощью самых современных систем проектирования, технологий и методов производства воплощают в реальность практически любое пожелание заказчика. «Это позволяет нам постоянно гарантировать высокое качество и абсолютное соблюдение сроков поставки», — говорит г-н Праг. — И, конечно, почти в каждой стране находится наш местный партнер по продаже, который постоянно готов ответить на вопросы заказчиков».

**Rohr Bagger GmbH**  
Rotterdam Str. 15; 68219 Mannheim  
Tel: +49 (0)621 / 84559 105; fax: +49 (0)621 / 84559 188  
e-mail: info@rohrbagger.de; www.rohrbagger.de

Представительство в России  
Тел.: (812) 971-77-86; akurlenin@...

УДК 622.772

Ю. К. ДЮДИН, Г. С. ТАРАСОВ, Б. П. РУДНЕВ (ФГУП "Гипроцветмет")

## КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОГАРКОВ И ПИРИТНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ



Ю. К. ДЮДИН,  
первый зам. директора —  
главный инженер,  
канд. техн. наук



Г. С. ТАРАСОВ,  
главный технолог



Б. П. РУДНЕВ,  
главный обогатитель,  
д-р техн. наук

*Предложена технология, позволяющая извлекать в продукцию практически все ценные компоненты (медь, свинец, цинк, золото, серебро, железо, серу), утилизировать технологические газы и выводить мышьяк в виде малорастворимого природного соединения.*

*Ключевые слова: пиритный концентрат, пиритный огарок, процесс плавки Ванюкова, извлечение цветных и благородных металлов, серная кислота, чугуны.*

В «Горном журнале» № 6 за 2009 г. опубликована статья Г. В. Седельниковой, А. И. Романчука, В. Н. Ивановской «Комплексная переработка золотосодержащих пиритных огарков».

Как следует из материала статьи, данная технология не может быть применена для всех пиритных огарков, так как огарок Рошальского химического комбината характеризуется крайне низким содержанием вредных примесей (Ca, As, Sb), что не характерно для основной массы пиритов (пиритных огарков). Институтом ФГУП «Гипроцветмет» совместно с ФГУП «Гинцветмет» и МИСиС еще в 1987 г. разработана технология, которая позволяет по-настоящему комплексно переработать пиритные огарки и пириты с получением меди, золота, серебра, серной кислоты и железа в виде чугуна.

Проблема комплексной переработки огарков и пиритных концентратов, содержащих цветные и благородные металлы, — одна из наиболее острых в металлургии. Наиболее отработанная в настоящее время технология переработки пиритов включает окислительный обжиг с использованием серы для производства серной кислоты.

Однако следует иметь в виду, что в результате обжига пирита получается мелкодисперсный огарок, являющийся источником пылеобразования. Кроме того, огарок содержит водорастворимый высокотоксичный мышьяк. Все это отрицательно сказывается на экологии.

Огарок, в который переходят цветные и благородные металлы и железо, используется в стройиндустрии, что приводит к потере ценных компонентов.

Таким образом, существующие технологии переработки пиритных концентратов не удовлетворяют современным требованиям ни по экономическим, ни по экологическим соображениям.

Кардинальным решением является разработка принципиально новых технологических процессов.

Пиритные концентраты обладают значительным энергетическим потенциалом, что позволяет перерабатывать их автогенными процессами.

В 1980-х годах институтом «Гинцветмет» на Рязанском опытно-экспериментальном заводе были проведены полупромышленные испытания по переработке пиритных концентратов и огарков с различным содержанием меди и благородных металлов процессом плавки, разработанным в МИСиС профессором А. В. Ванюковым, с тех пор носящим его имя (процесс плавки Ванюкова).

В основу технологии положен сократительный окислительный процесс с переводом основного количества железа в шлаки; меди и драгоценных металлов — в железистый штейн; свинца и цинка — в возгоны и отгонкой серы и мышьяка в газы.

Плавка осуществляется в расплаве, в который подается кислород или обогащенный кислородом воздух.

Подача кислорода в расплав обеспечивает быстрое протекание процессов массо- и теплообмена и высокую скорость растворения тугоплавких составляющих шихты за счет энергичного барботажа расплава. Аналогичный процесс отработан и освоен на Норильском, Балхашском горно-металлургических комбинатах и Среднеуральском медеплавильном заводе для переработки медных сульфидных концентратов.

Железистый штейн содержит до 5 % Cu, что позволяет получить шлаки с содержанием до 0,1 % Cu, 0,1–0,15 % Pb. В железистый штейн извлекаются, %: 80–88 Cu; 82–89 Au; 75–84 Ag. В возгоны извлекаются 54,2 % Zn, до 92 % Pb. В технологические газы извлекается 91–92 % S при содержании в газах 40–45 % SO<sub>2</sub>.

ФГУП «Гипроцветмет» разработал проект опытно-промышленной установки по переработке пиритных концентратов и огарков процессом плавки Ванюкова для Мелеузского химического завода. В качестве сырья предусматривалось использовать пиритные концентраты Учалинского ГОКа, пиритные огарки собственного производства и кварцевый флюс.

Одним из достоинств данного процесса является то, что в качестве кварцевого флюса можно использовать

труднообогатимую золотосодержащую кварцевую руду, которая может содержать также цветные металлы.

Компоненты шихты опытно-промышленной установки Мелеузского химического завода имели следующий состав:

пиритный концентрат, %: 41 S; 36,5 Fe; 0,25Cu; 0,8 Zn; 0,05 Pb; 6,8 SiO<sub>2</sub>; 0,7–1,3 CaO; 5,2–7,4 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,19 As; 1,5 г/т Au; 19,5 г/т Ag;

пиритный огарок, %: 1,5 S; 49 Fe; 0,34 Cu; 1,0 Zn; 0,06 Pb; 9 SiO<sub>2</sub>; 1,3–1,5 CaO; 6,9–9,8 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,24 As; 2 г/т Au; 26 г/т Ag.

Кварцевым флюсом установка обеспечивалась из Самарского карьера, расположенного в 22 км от площадки завода.

Количество перерабатываемого сырья, тыс. т/год: пиритный концентрат — 363; пиритный огарок — 115, 5.

Технологическая схема переработки пиритных концентратов и огарков (см. рисунок) включает следующие операции:

- складирование материалов;
- шихтовку материалов;
- плавку шихты в печи Ванюкова;
- грануляцию штейна;
- утилизацию тепла технологических газов;
- очистку газов от пыли и улавливание свинцово-цинковых возгонов;
- очистку промывной кислоты от мышьяка;
- производство серной кислоты;
- отправку готовой продукции.

В качестве плавильного агрегата принята печь Ванюкова площадью плавильной зоны 25 м<sup>2</sup>. Работа печи предусмотрена на кислородном дутье (85 % O<sub>2</sub>), подаваемом в расплав.

Процесс плавки Ванюкова позволяет перерабатывать пиритные концентраты в автогенном режиме. Однако с целью переработки малосернистых пиритных огарков в печь подается также природный газ.

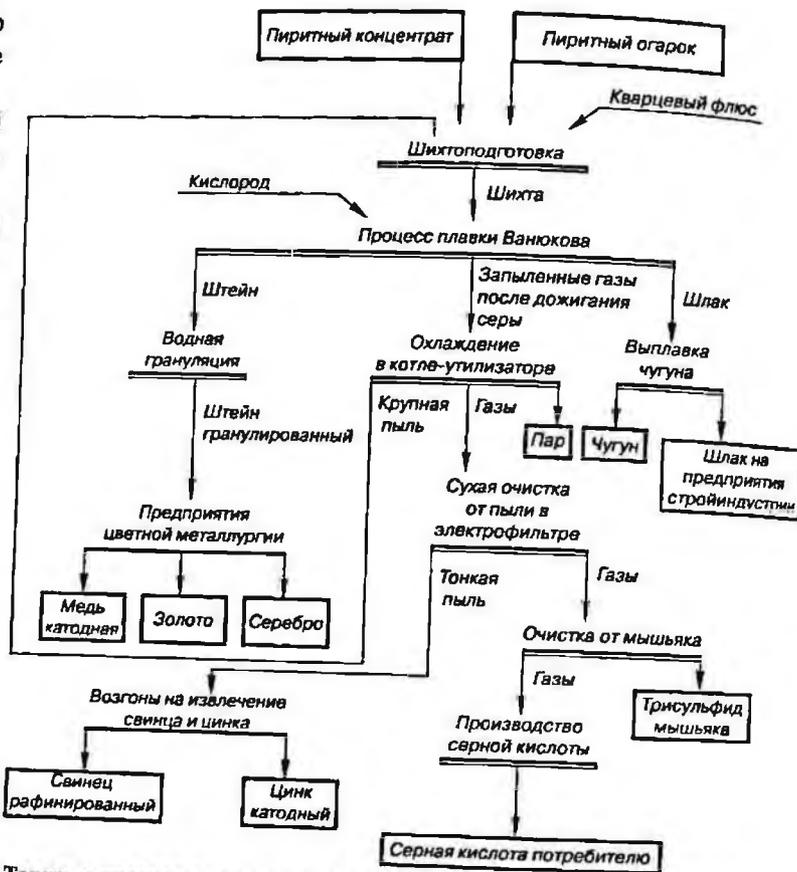
Печь Ванюкова может использоваться как двухзонный агрегат. В первой — окислительной зоне — осуществляется плавление, выжиг серы и получение железистого штейна, содержащего благородные металлы; во второй — восстановительной зоне — отгонка свинца и цинка, переходящих в возгоны.

Штейн (159 т/сут), содержащий 2 % Cu, 12,32 г/т Au, 145,5 г/т Ag, отправляют на медеплавильные заводы, шихтуют вместе с заводскими медными сульфидными концентратами и перерабатывают по действующей технологии с извлечением меди в катодную медь; золота и серебра — в слитки после переработки шламов электролиза и аффинажа.

Шлак, содержащий 0,06 % Cu, является сырьем для производства чистого чугуна, не содержащего меди, свинца, и цинка, которые были извлечены на предыдущей стадии.

Выплавка чугуна может осуществляться в отдельной печи процессом, разработанным в МИСиС (Ромелт), причем шлак может передаваться в расплавленном состоянии.

По сравнению с технологией цианирования пиритных огарков, разработанной ФГУП «ЦНИГРИ», позво-



Технологическая схема переработки пиритных концентратов и огарков

ляющей получать золото, серебро и низкокачественный медистый чугун, предлагаемая технология является более комплексной. Она позволяет перерабатывать как пиритные огарки, так и, что более важно, пиритные концентраты, обеспечивает получение цветных и благородных металлов (меди, свинца, цинка, золота, серебра), а также серной кислоты и чугуна, практически не содержащего меди.

Значительным преимуществом данной технологии является решение вопроса утилизации мышьяка, а также отсутствие высокотоксичных хвостовых пульп цианирования, требующих последующего обезвреживания. Мышьяк из промывного отделения сернокислотного производства выводится в виде трисульфида, малорастворимого природного соединения.

Дюдин Юрий Константинович,  
тел.: (495) 615-00-36

Тарасов Геннадий Серафимович,  
тел.: (495) 615-35-63

Руднев Борис Петрович,  
тел.: (495) 616-77-85

### COMPLEX PROCESSING OF CINDER AND PYRITIC CONCENTRATES

Dyudin Yu. K., Tarasov G. S., Rudnev B. P.  
Technology allowing to take in production almost all valuable components (copper, lead, zinc, gold, silver, iron, sulphur), to recycle the technological gases and arsenic transfer into slightly soluble natural compound is presented.

**Key words:** pyritic concentrate, pyritic cinder, smelting in Vanyukov furnace, extraction of non-ferrous and precious metals, sulfuric acid, cast iron.

УДК 620.3:622

С. И. БУРЫКИН

## НАНОТЕХНОЛОГИЯМ В ГОРНОМ ДЕЛЕ — ПОВЫШЕННОЕ ВНИМАНИЕ



С. И. БУРЫКИН,  
д-р экон. наук

Как известно, термин «нанотехнологии» (процесс разделения, сборки и изменения материалов путем воздействия на них одним атомом или одной молекулой) был предложен в 1974 г. японским физиком Норио Танигучи. С тех пор нанотехнологии сделали огромный шаг вперед. С их помощью получены новые материалы и работающие наноустройства. Сведения о некоторых достижениях в этой области, взятые из Интернета, приведены ниже.

В 1991 г. японский профессор Сумио Лиджима использовал фуллерены (молекулы, состоящие из 60 атомов углерода, расположенных в форме сферы) для создания нанотрубок диаметром 0,8 нм (один нанометр равен одной миллиардной части метра; на этом расстоянии можно вплотную расположить примерно 10 атомов). На их основе выпускаются материалы в 100 раз прочнее стали. В настоящее время существуют технологии создания нанотрубок длиной 300 нм. Наиболее востребованным товаром на рынке наноматериалов остаются углеродные трубки. Компания Carbon Nanotechnologies продает их по цене 500 долл. США за 1 г, а в день она изготавливает около 1 кг трубок. Использование углеродных нанотрубок позволяет создавать аккумуляторы и сверхмощные конденсаторы, которые найдут применение в автомобилях без двигателей внутреннего сгорания и мобильных устройствах.

С каждым годом расширяется сфера применения нанопорошков, многие из них смогут заменить платину в качестве катализатора (установки по нейтрализации выхлопных газов большегрузных самосвалов, где в качестве катализатора наиболее предпочтительными были платина и палладий, не нашли применения из-за значительной стоимости). Концерн BMW разрабатывает на базе нанопорошков самоочищающиеся автомобильные поверхности, а в Калифорнийском универси-

*Сделан обзор достижений в области нанотехнологий по данным Интернета. Отражено мнение автора о возможностях нанотехнологий в горном деле.*

**Ключевые слова:** нанотехнологии, горное дело, карьер, новые материалы, вещества и растворы.

тете создана легкая пена, содержащая наночастички стекла и превращающаяся после затвердения в высокопрочный материал.

Институт кристаллографии РАН имеет технологию выращивания нитевидных кристаллов кремния, а также работает над проектом подготовки трековых наномембран с порами 50–500 нм, применяемых при тонкой очистке воздуха или жидкости, а также для решения многих других задач.

В Тюмени была представлена новая уникальная технология для дорожного строительства. В основе новой технологии лежит применение цементно-грунтовых смесей со специальными добавками — пластификаторами на основе ренолита. Добавка легко растворяется в воде, нетоксична, а физико-химические процессы при ее использовании происходят на молекулярном уровне. Как сообщается, полимерцементогрунт с успехом заменяет привычные щебеночные покрытия, значительно уменьшает стоимость дорожных работ, укладывать его можно при температуре до  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Приведенные выше примеры иллюстрируют широкие возможности нанотехнологий в различных отраслях экономики, не является здесь исключением и горная промышленность. Недаром достижения нанотехнологий привлекают все большее внимание специалистов горного дела. Еще в 2006 г. в ИПКОН РАН опубликована работа\*, в которой освещаются теоретические основы образования наночастиц в технологических процессах горного производства, приводятся механизмы их образования при взрывном и механическом разрушении горных пород. Особенно заслуживают внимания теоретические и экспериментальные исследования по оценке выхода наноразмерных частиц при разрушении горных пород. Приводятся экспериментальные данные по воздействию мощных электромагнитных импульсов на микроструктуру и свойства минералов, а также на дезинтеграцию и вскрытие минеральных комплексов при глубокой переработке труднообогатяемых руд и нетрадиционных видов сырья.

В том же году в МГТУ издано учебное пособие\*\*, где приведены данные о нанопроцессах при разрушении горных

\* Чантурия В. А., Трубецкой К. Н., Викторов С. Д., Бунин И. Ж. Наночастицы в процессе разрушения и вскрытия геоматериалов. — М.: ИПКОН РАН, 2006.

\*\* Гончаров С. А., Чернегов Н. Ю. Нанотехнологии и нанокристаллические материалы в горной промышленности: уч. пособ. — М.: МГТУ, 2006.

пород, обобщены возможности получения нанокристаллических материалов с увеличенной прочностью, которые могут быть использованы для создания нового поколения горно-обогачительного оборудования.

По мнению автора статьи, необходимо активизировать работу по внедрению продукции нанотехнологий в горное производство и развернуть в этой области соответствующие исследования. В первую очередь требуется создать новые вещества (металлы, сплавы, растворы и др.), а также материалы, которые по своим прочностным характеристикам смогли бы уменьшить вес горно-транспортного оборудования, увеличить износостойкость рабочих узлов и деталей и способствовали бы конструированию новой (возможно, принципиально новой) горной техники.

Использование достижений нанотехнологий предполагает также более детальное изучение физико-механических, химических свойств, внутреннего строения горных пород с целью выработки веществ, изменяющих свойства пород в нужном направлении. Так, применение дезинтегрирующих и размягчающих растворов позволит уменьшить затраты на буровзрывные работы, а консолидирующих — отстроить нерабочий борт карьера группами строенных десятиметровых уступов с углом откоса каждого 90°, разделенных бермами безопасности различной ширины. Угол откоса нерабочего борта карьера глубиной 300 м

с 10-метровыми бермами составит 74°, 20-метровыми — 59°, 30-метровыми — 48°.

Для комплексного решения указанных задач целесообразным может быть создание специальных подразделений в институтах горного дела, а может, и объединение таковых по тематической направленности с подразделениями в институтах геологии, геохимии и геофизики. При Отделении наук о Земле РАН в этом случае появляется необходимость создания Координационного совета, который не только определял бы тематическую направленность исследований по нанотехнологиям, но и контролировал ход их выполнения. Не лишним смысла следует считать также обучение студентов в университетах горного профиля основам нанотехнологий. □

Бурыкин Сергей Иванович,  
тел.: (343) 210-49-18

**NANOTECHNOLOGY IN MINING DESERVE  
HIGH ATTENTION**

Burykin S. I.

The review of advances in nanotechnology according to the Internet is made. The opinion of the author on nanotechnology possibilities in mining is described.

*Key words: nanotechnology, mining, mine, new materials, substances and solutions.*

УДК 622.7 (ОАО «Апатит»)

Ю. Е. БРЫЛЯКОВ, М. А. КОСТРОВА (ОАО «Апатит»)

**ВНЕДРЕНИЕ КОЛОННЫХ ФЛОТОМАШИН  
ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД**



Ю. Е. БРЫЛЯКОВ,  
директор комплекса  
обогащения апатит-  
нефелиновых руд,  
Д-р техн. наук



М. А. КОСТРОВА,  
начальник отделения  
Центральной лаборатории

*Проанализирован опыт успешного внедрения в промышленных условиях на АНОФ-2 колонных флотомашин. Установлено, что их применение позволяет сократить с трех до одной число перемешиваний апатитового концентрата, повысить извлечение апатита и его содержание в конечном концентрате.*

*Ключевые слова: апатит-нефелиновые руды, колонные флотомашин, перемешивание, извлечение апатита.*

В ходе подготовки к проведению реконструкции флотационного отделения АНОФ-2 был изучен опыт эксплуатации флотомашин различных типов с позиций возможности их применения при обогащении апатит-нефелиновых руд в целях повышения технологических показателей обогащения и снижения эксплуатационных затрат. В качестве перспективного типа рассматривались колонные флотомашин.

В колонной машине реализован принцип противотока движения минеральных частиц и пузырьков воздуха,

что позволяет использовать силу тяжести частиц и подъемную силу воздушных пузырьков для разрыва гидратных оболочек, окружающих минеральные частицы и воздушные пузырьки. Противоток пульпы и воздуха снижает групповую скорость всплывания пузырьков, что удлиняет время их контакта с частицами, повышает вероятность столкновения частицы с пузырьком и коэффициент использования воздуха. В связи с отсутствием перемешивающих устройств и низкой турбулентностью потоков пульпы инерционные силы, разрушающие комплекс минерал-пузырек, почти отсутствуют, что позволяет флотировать частицы большей крупности.

© Брыляков Ю. Е., Кострова М. А., 2010

Колонная флотомашина отличается также высокой производительностью, низким расходом электроэнергии, небольшими капитальными затратами, меньшей занимаемой площадью на 1 т флотируемого материала (в 3–5 раз меньше, чем для механических флотомашин), возможностью регулирования расхода и дисперсности воздушных пузырьков, большим аэрируемым объемом. Процесс вторичной концентрации в пенном слое заметно улучшает качество концентрата. Кроме того, применение колонных флотомашин позволяет упрощать схемы флотации, получая при этом высококачественные концентраты.

Проведенные на АНОФ-2 испытания колонной флотомашин показали, что она превосходит традиционные машины по выходу концентрата, извлечению  $P_2O_5$ , эффективности обогащения. Установлена возможность сокращения числа перечисток концентрата основной флотации с трех до одной. В табл. 1 приведены результаты обогащения пенного продукта основной флотации в колонной флотомашине и результаты работы по технологической схеме с тремя перечистками.

Показатели обогащения по классам крупности подтверждают тот факт, что колонная флотомашина обеспечивает благоприятные условия для извлечения крупных зерен апатита, которые по традиционной технологии уходят в промпродукт. На рисунке показана зависимость извлечения  $P_2O_5$  в концентрат колонной флотомашин и концентрат III перечистки машины ФМР-6,3 по классам крупности. В колонной флотомашине извлечение  $P_2O_5$  нарастает от тонких классов к крупным. За исключением класса  $-0,04+0$  мм, извле-



Извлечение  $P_2O_5$  по классам крупности в пенный продукт перечисточной операции:

1 — машина механического типа; 2 — колонная флотомашина

чение  $P_2O_5$  в пенный продукт в колонной машине выше, чем в пенный продукт III перечистки в механических флотомашин. Особенно существенна эта разница для класса  $+0,071$  мм.

Таким образом, при обогащении апатит-нефелиновых руд колонная флотация:

позволяет получить кондиционный апатитовый концентрат в одной перечисточной операции вместо трех по традиционной технологии;

обеспечивает более высокое извлечение  $P_2O_5$  в концентрат и эффективность обогащения по сравнению с традиционной технологией;

создает более благоприятные условия для флотации крупных зерен апатита, в результате чего можно ожидать снижения его потерь с крупными классами хвостов и уменьшения объема циркулирующих продуктов.

На основании проведенных работ было решено реконструировать технологию флотации АНОФ-2 с применением в основной и контрольной операциях флотомашин ОК-38, а в перечисточных операциях — колонных флотомашин СРТ (Канада). В настоящее время реконструкция осуществлена на двух из трех блоков флотации. Процесс флотации в колоннах осуществляется с помощью трех контуров автоматического управления: уровень пульпы; расход воздуха в аэраторы; расход промывной воды.

В ходе эксплуатации машин были определены закономерности процесса колонной флотации. Для этого использовали базу данных технологических показателей и параметров процесса из архива АСУТП мельнично-флотационного отделения (МФО). Базу данных обработали следующим образом: анализируемые

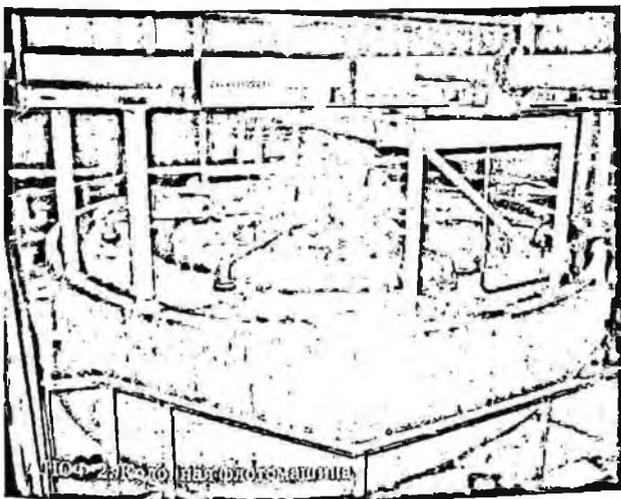


Таблица 1. Сравнительные результаты перечистки пенного продукта основной флотации в колонной флотомашине и по традиционной технологии

Показатель	Традиционная флотация			Колонная флотация		
	Питание I перечистки	Концентрат III перечистки	Камерный продукт I перечистки	Питание	Концентрат	Камерный продукт
Выход от операции, %	100	53,3	46,7	100	69,7	30,2
Извлечение $P_2O_5$ от операции, %	100	63,6	36,4	100	78,2	21,8
Содержание, %:						
твердого	40,4	44	25,4	30,6	35,5	15,7
$P_2O_5$	32,6	39	25,4	34,4	39,5	22,5
класса $+0,16$ мм	19,6	14	26	13,6	16,5	6,8
класса $-0,071$ мм	49,7	52,9	46	57,9	49,5	78,2

результаты рассортировали по диапазонам изменения нагрузки на блок по руде. Далее каждый указанный диапазон разделили на периоды в соответствии с содержанием  $P_2O_5$  в руде. Причем были выделены периоды получения высоких технологических показателей и периоды неудачной работы: либо низкое качество концентрата, либо низкое извлечение  $P_2O_5$  в концентрат.

Проведенный анализ подтвердил, что основным условием эффективной работы колонной флотомашин является поддержание в ней встречных потоков: нисходящего потока пульпы и восходящего потока воздуха. Оценить правильность организации потоков можно по степени открытия клапанов и плотности промпродукта.

В двух режимах работы колонных флотомашин при одинаковом содержании  $P_2O_5$  в руде (11,5 %) и нагрузке на блок по руде в первом режиме получен концентрат очень высокого качества, но с пониженным извлечением. Из приведенных ниже данных видно, что апатита, количества промпродукта почти в 2 раза больше, чем при втором режиме. Степень открытия клапанов колонн также больше (табл. 2).

Увеличение расхода воздуха в колонные машины в этом случае позволяет увеличить выход концентрата, снизить количество промпродукта, повысить извлечение.

Накопленный к настоящему времени опыт флотации в колонных машинах свидетельствует, что приемы успешного ведения колонной флотации существенно отличаются от традиционных для АНОФ-2 приемов флотации в машинах ФМ-6,3: если снижение расхода собирательной смеси на II очереди МФО приводит к повышению качества концентрата, то на I очереди это может привести к обратному эффекту. Дело в том, что при меньшем расходе собирательной смеси снижается выход пенного продукта основной флотации, т. е. количество питания колонных машин, а управляющие параметры остаются прежними, в связи с чем изменилась динамика потоков пульпы и воздуха, и качество концентрата снизилось.

Таблица 2. Эксплуатационные и технологические показатели флотации

Показатель	Режим	
	первый	второй
Уровень пульпы, мм	-923,8	-921,8
Расход, м <sup>3</sup> /ч:		
воздуха	533,4	548,2
воды	89,7	87,4
Степень открытия клапанов, %	44,2	34,9
Количество промпродукта, м <sup>3</sup> /ч	871,3	937,8
Количество твердого в промпродукте, т/ч	111,3	58
Содержание $P_2O_5$ в концентрате, %	39,7	39,3
Технологическое извлечение $P_2O_5$ , %	92,3	94,3

Колонные машины чувствительны не столько к качеству, сколько к количеству поступающего в них питания. Как показали результаты опробования продуктов флотации, при правильной организации потоков в колоннах успешно перечищается пенный продукт основной флотации, содержащий до 31 %  $P_2O_5$ . Поэтому при получении бракованного концентрата, прежде чем изменять реагентный режим, нужно оценить, правильно ли организованы потоки в колоннах. Степень открытия клапанов колонных машин, плотность и количество промпродукта укажут, какой способ повышения качества концентрата следует использовать. При низкой степени открытия клапана, небольшом количестве промпродукта требуется уменьшить расход воздуха и, соответственно, промывной воды. Если имеется резерв по увеличению выхода пенного продукта машин основной флотации, он, конечно, должен быть использован. Это позволит, во-первых, повысить извлечение  $P_2O_5$  в концентрат, а во-вторых, организовать оптимальные потоки в колоннах.

Когда степень открытия клапанов колонн, количество и плотность промпродукта свидетельствуют о наличии оптимальных потоков в колоннах, качество концентрата можно повысить увеличением расхода промывной воды.

За анализируемый период технологические показатели флотации на I очереди, где осуществляется реконструкция, по сравнению с показателями II очереди, приведены ниже.

Содержание  $P_2O_5$ , %:

в сливе	12,52/12,46
в концентрате	39,2/39,36
в хвостах	0,9/1,14
Извлечение $P_2O_5$ , %	94,99/93,56

Примечание. В числителе — I очередь, в знаменателе — II. □

Брыляков Юрий Евгеньевич,  
e-mail: JBrylyakov@apatit.com  
Кострова Марина Александровна,  
e-mail: mkostrova@apatit.com

#### INTRODUCTION OF QUARTER-CIRCLE FLOTATION MACHINES FOR PREPARATION OF APATITE-NEFELINE ORES

Brylyakov Yu. E., Kostrova M. A.

Experience of successful introduction of quarter-circle flotation machines at ANOF-2 in industrial conditions is analysed. It is established that their usage allows to reduce from three to one number of recleanings of an apatite concentrate, raise extraction of apatite and content in a final concentrate.

**Key words:** apatite-nefeline ores, quarter-circle flotation machines, recleaning operations, apatite extraction.

УДК 622.619:622.611

А. В. САМОЛАЗОВ, Н. И. ПАЛАДЕЕВА (ООО «ИЗ-КАРТЭКС»)

## СТРАТЕГИЯ ПРОИЗВОДСТВА НОВОЙ ЛИНЕЙКИ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ ООО «ИЗ-КАРТЭКС»



А. В. САМОЛАЗОВ,  
зам. генерального директора —  
генеральный конструктор



Н. И. ПАЛАДЕЕВА,  
менеджер  
по технологическим связям,  
доцент, канд. техн. наук

На ближайшую перспективу в развитии добычи твердых полезных ископаемых в основных горнодобывающих странах СНГ все отчетливее просматриваются три тенденции: дальнейшее преобладание открытого способа разработки месторождений, рост объемов выемки горной массы на карьерах и увеличение доли автотранспорта во внутрикарьерных перевозках. Так, сейчас в России открытым способом добывается более 90 % железной руды, около 70 % — угля. Аналогичная ситуация характерна и для горных предприятий других стран СНГ.

Согласно планам управляющих компаний крупнейших железорудных комбинатов России, Украины и Казахстана, суммарная добыча железной руды возрастет к 2015 г. более чем на 100 млн т к уровню 2007 г. (437 млн т). Добыча угля открытым способом в России, Казахстане и Узбекистане уже в 2013 г. превысит показатели 2008 г. на 25 млн т и достигнет 340 млн т, а объемы вскрышных работ увеличатся на 220 млн м<sup>3</sup> и приблизятся к 1,5 млрд м<sup>3</sup>.

Реализация таких планов возможна только при оснащении карьеров и разрезов более мощным горно-транспортным оборудованием, наряду с этим немаловажными факторами становятся его стоимость и уровень эксплуатационных расходов. Экономический кризис 2008–2009 гг. заставил предприятия сократить издержки по всем технологическим переделам производства, в том числе и по горному — за счет повышения производительности экскаваторно-автомобильного комплекса. Серьезным препятствием в этом направлении является значительный (до 80 %) износ существующего экскаваторного парка. Кроме того, неэффективное соотношение вместимости ковша большинства экскаваторов и грузоподъемности применяемых самосвалов приводит к погрузке в 6–10 и более циклов экскавации.

Опыт крупнейших горных предприятий мира показывает, что при формировании комплекса экскаватор —

*В статье на основе анализа парков существующего оборудования железорудных и угольных карьеров стран СНГ предлагаются пути технического перевооружения горнотранспортных комплексов при использовании экскаваторов новой линейки ООО «ИЗ-КАРТЭКС» в сравнении с зарубежными аналогами.*

*Ключевые слова: карьер, экскаватор, самосвал, экономическая эффективность погрузочной техники.*

самосвал всегда соблюдался принцип соответствия грузоподъемности самосвала и вместимости ковша экскаватора условию оптимальной погрузки в 3–5 ковшей. И сегодня в мире созданы экскаваторы-мехлопаты с ковшами 40–60 м<sup>3</sup>, которые применяются с самосвалами грузоподъемностью 290–360 т.

Основная добычная техника на крупнейших железорудных карьерах стран СНГ (более 90% парка) — это карьерные экскаваторы ЭКГ-10, ЭКГ-8И и их модификации производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС», в то время как парк технологических самосвалов представлен самосвалами грузоподъемностью 120–136 т (более 80%). По условиям оптимальной погрузки для работы с такими самосвалами необходим экскаватор класса ЭКГ-20 с ковшом вместимостью 16–18 м<sup>3</sup>. Российские производители ООО «ИЗ-КАРТЭКС» и МК «Уралмаш» в начале 2000-х годов не могли предложить карьерные мехлопаты с ковшом более 15 м<sup>3</sup> и опытом эксплуатации на добыче железных руд. Поэтому на железорудные предприятия в 2005–2009 гг. были поставлены гидравлические экскаваторы с ковшами вместимостью 15–27 м<sup>3</sup> (рис. 1).

В парках угольных предприятий стран СНГ доля экскаваторов ООО «ИЗ-КАРТЭКС» ЭКГ-8И, ЭКГ-10, ЭКГ-12,5, ЭКГ-15 составляет более 60%. Но уже с 1980-х годов начинают применяться более мощные отечественные и импортные экскаваторы. Так, на Нерюнгринский разрез ОАО «ХК «Якутуголь» поставляются ЭКГ-20 производства Уралмашзавода (вместимость ковша 20 м<sup>3</sup>), 201М и 204М фирмы Marion (ныне входит в компанию Bucyrus) с ковшами вместимостью 16 м<sup>3</sup> и 24 м<sup>3</sup> соответственно, с 1990-х годов — 301М (40 м<sup>3</sup>), а с 2002–2008 гг. — гидравлические экскаваторы фирмы Komatsu PC5500 (23 м<sup>3</sup>) и PC8000 (36 м<sup>3</sup>). На разрезах Кузбасса с 1980-х годов введены в эксплуатацию мехлопаты американской фирмы P&H Mining Equipment P&H2300 с ковшами вместимостью 21 м<sup>3</sup> (ОАО «Междуречье» и Сибиргинский разрез ОАО «УК «Южный Кузбасс»). В 2005–2009 гг. (рис. 2) поставлены более мощные P&H2800XPB с ковшами 33–35 м<sup>3</sup> (Бачатский и

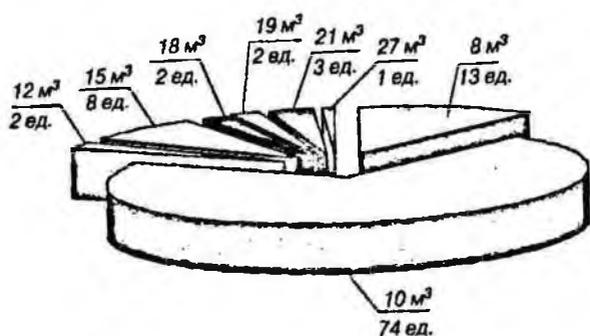


Рис. 1. Структура поставок экскаваторов на железорудные карьеры в 2005–2009 гг. В цифрах: вместимость ковша; число поставленных машин такого ряда

Кедровский разрез ОАО «УК «Кузбассразрезуголь», Сибиргинский разрез ОАО «УК «Южный Кузбасс», ОАО «Междуречье», Р&Н4100ХРС с ковшом 56 м³ (Талдинский разрез ОАО «УК «Кузбассразрезуголь»). В 2009 г. ОАО «СУЭК» закупил два экскаватора фирмы Visugus 495HD с ковшом вместимостью 41 м³. Тем не менее вместимость ковша среднесписочного экскаватора в парках большинства крупных угольных разрезов сегодня остается на уровне 9–12 м³ (исключение — ОАО «ХК «Якутуголь», 24 м³).

В угольной отрасли в парке технологических самосвалов доля машин грузоподъемностью 120–136 т — более 60 %, а 200–220 т — около 30 %. Очевидно, что для их погрузки требуются соответственно экскаваторы класса ЭКГ-20 (вместимость ковшей 18–24 м³) и ЭКГ-30 (32–38 м³).

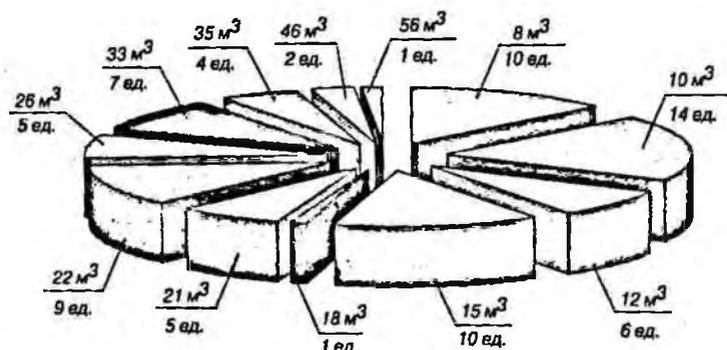


Рис. 2. Структура поставок экскаваторов на угольные разрезы в 2005–2009 гг. В цифрах: вместимость ковша; число поставленных машин такого ряда

С 2005 г. ПО «БелАЗ» ежегодно поставляет на горные предприятия стран СНГ порядка 140–170 ед. самосвалов БелАЗ-75131 грузоподъемностью 130–136 т. Соответственно потребность в оптимальном для такого типоразмера машин экскаваторе ЭКГ-20 составляет не менее 15–30 ед. в год. Аналогичным образом оценена потребность в экскаваторе ЭКГ-30 — не менее 8–15 ед. в год при ежегодной поставке самосвалов БелАЗ-75306 грузоподъемностью 220 т в количестве 40–60 ед. Сегодня в линейке ПО «БелАЗ» — самосвал БелАЗ-75600 грузоподъемностью 320 т, и для работы в комплексе с ним необходим экскаватор ЭКГ-50. Такой класс машин перспективен для крупных угольных разрезов при наращивании их мощностей (Талдинский, Бачатский разрезы ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» и др.),

а также при освоении новых уникальных по размерам месторождений (угольное — Таван-Талгой, золоторудные — Наталкинское и Сухой Лог, Удоканское медно-рудное и др.).

Учитывая современные потребности рынка горного оборудования, ООО «ИЗ-КАРТЭКС» реализует сегодня стратегию производства новой линейки экскаваторов ЭКГ-12К, ЭКГ-20, ЭКГ-30 и ЭКГ-50 (с модификациями) взамен морально устаревших ЭКГ-10 и ЭКГ-15 (рис. 3 и табл. 1). Экономическая эффективность применения экскаваторов новой линейки ООО «ИЗ-КАРТЭКС» складывается из следующих факторов:

- увеличение вместимости ковшей и, как следствие, повышение производительности и снижение себестоимости добычи;

- оптимизация условий погрузки существующего парка технологических самосвалов;

- увеличение нормативного срока службы экскаватора с 17 до 20 лет;

- применение электропривода с современными системами управления (ТП-Д, ТрП-Д и переменного тока), снижающего энергопотребление на 20–25 % по сравнению с системами управления Г-Д;

- увеличение нормативного срока эксплуатации основных механизмов с 40 тыс. до 50 тыс. мото-ч за счет применения новых материалов, технологий изготовления и методов конструирования, позволяющих оптимизировать конструкцию уже на стадии компьютерной разработки;

- повышение срока эксплуатации основных металлоконструкций до срока службы всей машины;

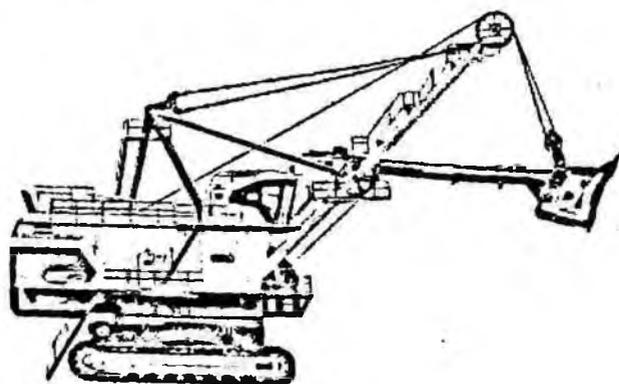
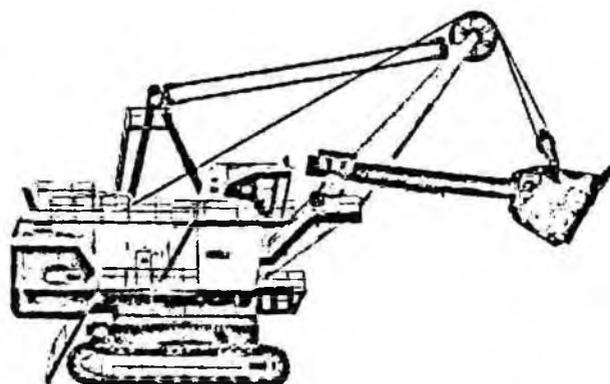


Рис. 3. Экскаваторы ЭКГ-18Р (а) и ЭКГ-20К (б) соответственно с речным и канатным типом vaporного механизма

Таблица 1. Технические характеристики экскаваторов новой линейки ООО «ИЗ-КАРТЭКС»

Параметры машин	ЭКГ-12К	Модификации ЭКГ-20		Модификации ЭКГ-30		ЭКГ-50
		ЭКГ-18Р	ЭКГ-20К	ЭКГ-32Р	ЭКГ-35К	
	Тип напорного механизма					
	Канатный	Реечный	Канатный	Реечный	Канатный	Реечный
Вместимость ковша, м <sup>3</sup> :						
основного	12	18	20	32	35	55
сменных	10-18	15-30		20-45	20-50	40-65
Длина стрелы, м	14,35	16	17,4	17,2	19	20
Наибольший радиус, м:						
копания	18,6	22,2	22,6	23		24
разгрузки	17	19,6	19,5	19,4	19,7	20
копания на уровне стояния	14	15,6	15	15,2	16,3	16,7
Наибольшая высота, м:						
копания	15	16,4	17	16		17
разгрузки	10	10,7	11	9,2	10,7	9,6
Наибольшие усилия, кН:						
подъемное	1180		1700		2350	3234
напорное	580		750		980	1274
тяговое	2500		4000		4900	6780
Номинальная скорость хода, км/ч	0,8		1		0,9	1,1
Продолжительность рабочего цикла, с	26		27		30	33,5
Масса, т:						
рабочая	410		700		950	1450
противовеса	50	80	70		120	200

Таблица 2. Экономическая эффективность новых экскаваторов (в относительных единицах по отношению к ЭКГ-10)

Параметр	ЭКГ-10	ЭКГ-12К	ЭКГ-20	ЭКГ-30	ЭКГ-50
Годовая производительность	1	1,23	2,50	4,01	6,17
Выработка за весь срок службы	1	1,41	2,88	4,62	7,07
Суммарные затраты на весь срок службы	1	1,26	2,28	3,19	4,24
Удельные затраты на экскавацию	1	0,89	0,79	0,69	0,60

применение современных расходных материалов (канатов, ГСМ и т. п.) и автоматической централизованной системы смазки, позволяющих уменьшить трудоемкость ремонтов и увеличить межремонтные периоды;

оснащение экскаваторов информационно-диагностической системой, обеспечивающей защиту и диагностику электрооборудования, металлоконструкций и механизмов;

учет основных технологических параметров экскавации; возможность установки на одной базе рабочего оборудования с канатным или реечным типом напорного механизма;

установка современной комфортабельной кабины, значительно улучшающей условия работы экипажей; новый современный дизайн экскаваторов;

использование широкого диапазона сменных ковшей в зависимости от трудности экскавации горных пород.

На основании данных по эксплуатации на горных предприятиях серийно выпускаемых экскаваторов ЭКГ-10 и ЭКГ-15 осуществлено их технико-экономическое сравнение с экскаваторами новой линейки ООО «ИЗ-КАРТЭКС».

Очевидно, что условия экскавации зависят от свойств разрабатываемых руд и вскрышных пород и организации горных работ на предприятии. Поэтому сравнение ЭКГ-10 — машины, которая имеется практически на всех горных предприятиях. Вместимость ковшей принята для пород IV категории, имеющих место, как на угольных разрезах, так и железорудных карьерах (табл. 2).

Во всем же диапазоне категорий пород по трудности экскавации эффект от замены морально и физически

Таблица 3. Сравнение экскаваторов производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС» и их зарубежных аналогов

Показатели	ЭКГ-20	P&H 2300	ЭКГ-30	P&H 2800	ЭКГ-50	495HR
Вместимость основного ковша, м <sup>3</sup>	18	25	32	35	50	46
Вместимость сменных ковшей, м <sup>3</sup>	20-45	20-37	20-50	25-53	40-65	31-61
Срок службы, лет	20	20	20	20	20	20
Суммарные затраты на весь срок службы*, млн. руб.	730-760	1250-1450	980-1080	1600-1900	1300-1400	2100-2500

\* Цена машины плюс текущие расходы на ее содержание (стоимость владения).

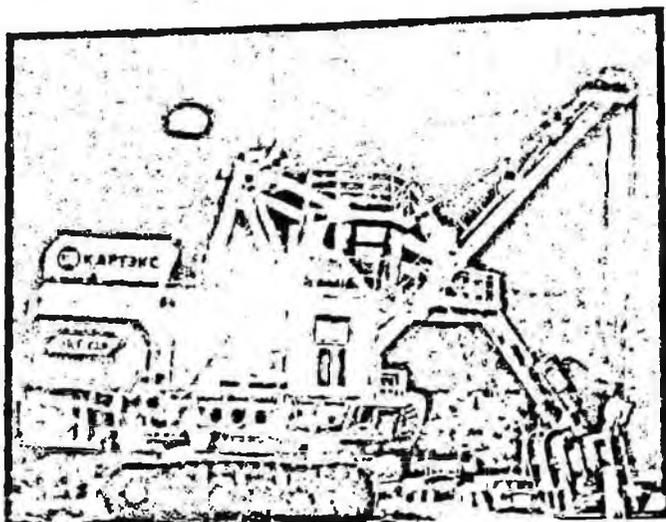


Рис. 4. Экскаватор ЭКГ-12К в ОАО «Олкон»

устаревших ЭКГ-10 и ЭКГ-15 на современные экскаваторы новой линейки ООО «ИЗ-КАРТЭКС» выражается в следующих цифрах роста производительности машин и снижения удельных затрат на экскавацию: на ЭКГ-12К соответственно в 1,23–1,4 раза и 12–15 %; на ЭКГ-20 — в 2,5–2,88 раза и 18–21 %; на ЭКГ-30 — в 4–4,62 раза и 28–31 %; на ЭКГ-50 — в 6,2–7,1 раза и 38–40 %.

Расчеты показывают, что работа новых экскаваторов по сравнению со своими зарубежными аналогами — мехлопатами фирм P&H Mining Equipment (P&H2300 и P&H2800) и Bucyrus (495HR, 495HD) обойдется в целом гораздо дешевле (табл. 3). Расчетная экономия затрат за весь срок эксплуатации машин новой линейки ООО «ИЗ-КАРТЭКС» в сравнении с импортной техникой составит от 500–700 (ЭКГ-20) до 900–1100 млн руб. (ЭКГ-50).

Экономическая эффективность новых машин достигается за счет разницы в цене экскаватора (на 50–70 %), меньшей стоимости доставки, отсутствия таможенной пошлины, а также из-за снижения эксплуатационных расходов на 30 % и более при применении расходных материалов (зубья, канаты, ГСМ и т. п.) отечественного производства и запчастей меньшей стоимости.

Сегодня стратегия ООО «ИЗ-КАРТЭКС» по производству экскаваторов новой линейки реально воплощается в жизнь. В 2009 г. на железорудный комбинат ОАО «Олкон» в Мурманской области отгружен и смонтирован экскаватор ЭКГ-12К (рис. 4). В 2010–2011 гг. на разрезы Кузбасса будут поставлены три экскаватора ЭКГ-18Р и один ЭКГ-32Р. □

Самолазов Александр Викторович,  
e-mail: Aleksandr.Samolazov@omzglobal.com  
Паладеева Наталья Ивановна,  
e-mail: Natalya.Paladeeva@omzglobal.com

**PRODUCTION STRATEGY OF A NEW RANGE OF DUMP TRUCKS OF LLC "IZ-KARTEX"**

Samolazov A. V., Paladeeva N. I.

Technical re-equipping methods of mining transport complexes at use of a new product range of dump trucks of LLC "IZ-KARTEX" in comparison with foreign analogues are offered in the article on the basis of the analysis of mining fleet of iron-ore and coal open-cast mines of the CIS countries.

*Key words: open-cast mine, dredge, dump truck, economic efficiency of loading equipment.*

**Способы реабилитации объектов окружающей среды с применением биоорганического сырья**

**Направленность проекта:** разработка способов применения биоорганического сырья, которое содержит гуминовые вещества, для улучшения состояния объектов окружающей среды, поврежденных техногенными нагрузками.

**Сфера применения:** основными загрязнителями в промышленных регионах Украины являются тяжелые металлы, которые поступают в окружающую среду с выбросами и отходами разных отраслей промышленности и транспорта, и представляют угрозу здоровью человека и объектам экосистем. Использование гуминовместимых субстратов позволяет химически связывать токсичные вещества с образованием нерастворимых в воде соединений, препятствовать поглощению растениями ионов металлов и органических соединений, обеспечивая таким образом детоксикацию нарушенных объектов и минимизацию последствий загрязнения окружающей среды.

**Краткое описание:** на основании выявленных антимутагенных и антиоксидантных свойств физиологически активных гуминовых веществ обосновано использование их для возобновления нарушенного состояния абиотической и биотической составляющих окружающей среды и человека, особенно в регионах с интенсивно развитой промышленностью. Использование естественных материалов, которые содержат гуминовые соединения, в природоохранных мероприятиях приводит к уменьшению токсичной и мутагенной активности объектов окружающей среды и повышает уровень экологической безопасности для человека и биоты.

Разработчик: Национальный горный университет  
Украина, 49005, г. Днепропетровск, просп. К. Маркса, 19  
тел.: (056) 726-50-44, факс: 744-62-14,  
e-mail: ecogorn@rambler.ru

удк 622.684:621.833

В. В. РЕГИНЯ, А. Н. МЫТЬКО (РУПП «БелАЗ»)  
А. С. КУЧИК (УПП «Нива» Романовича С. Г.)

## ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА ДЛЯ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 90 Т



В. В. РЕГИНЯ,  
начальник конструкторского  
бюро гидромеханических  
передач



А. Н. МЫТЬКО,  
ведущий конструктор  
проекта  
гидромеханических передач



А. С. КУЧИК,  
инженер-конструктор

Представлены результаты сравнительных полигонных испытаний карьерных самосвалов БелАЗ-75570, оснащенных гидромеханическими передачами «БелАЗ» и Allison. Показаны существенно более высокие тягово-скоростные данные самосвала с ГМП «БелАЗ».

Ключевые слова: карьерный самосвал, гидромеханическая передача, передаточные числа, тягово-динамические характеристики, режимы движения.

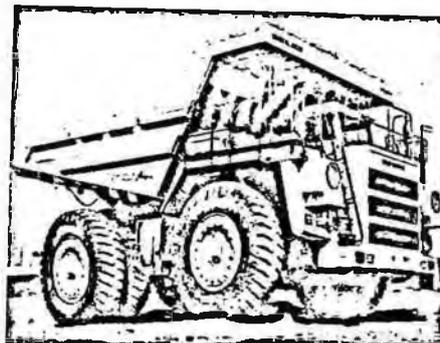
В конце 2008 г. на испытательном полигоне Белорусского автомобильного завода проведены сравнительные испытания двух карьерных самосвалов семейства БелАЗ-75570 грузоподъемностью 90 т — с гидромеханической передачей (ГМП) Allison H8610A (США) и с ГМП разработки НТЦ УГК РУПП «БелАЗ». Определение тягово-динамических характеристик проводили с одинаковой загрузкой самосвалов — 74 т; на обоих образцах самосвалов установлен задний мост с передаточным числом 25,42; ГМП взаимозаменяемы; система управления переключением передач — автоматическая. Конструкции ГМП «БелАЗ» и Allison H8610A содержат шесть элементов управления, позволяющих реализовать шесть передач переднего хода и одну — заднего (R), и различаются показателями плотности ряда передаточных чисел и их диапазоном. Ниже приведены передаточные числа сравниваемых ГМП.

Испытания самосвалов проведены для трех наиболее характерных режимов движения.

		ГМП «БелАЗ»					
Номер передачи	1	2	3	4	5	6	R
Передаточное число	4,75	3,45	2,58	1,87	1,38	1	-4,03
		ГМП Allison H8610A					
Номер передачи	1	2	3	4	5	6	R
Передаточное число	4,24	2,32	1,69	1,31	1	0,728	-5,75

1. Разгон на горизонтальном участке дороги до достижения максимальной скорости движения самосвала.
2. Движение самосвалов на подъем 8 % после их предварительного разгона на прямолинейном участке полигона.
3. Движение самосвалов на подъем 8 % без предварительного разгона (с места).

Результаты сравнительных испытаний показали (см. таблицу и рисунок), что при первом режиме в течение 20 с динамика разгона самосвалов приблизительно одинакова, а далее степень разгона БелАЗ-75570 с ГМП «БелАЗ» более высокая — максимально достижимая скорость 32,5 км/ч реализуется

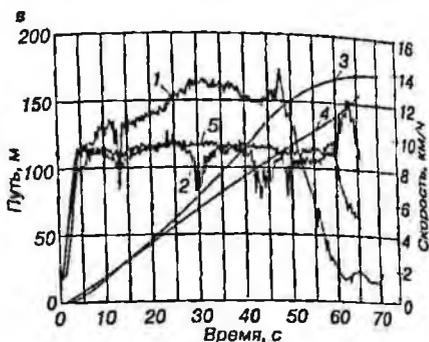
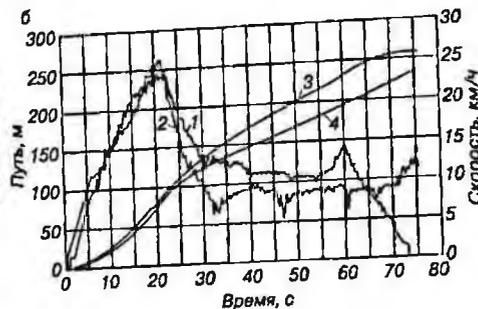
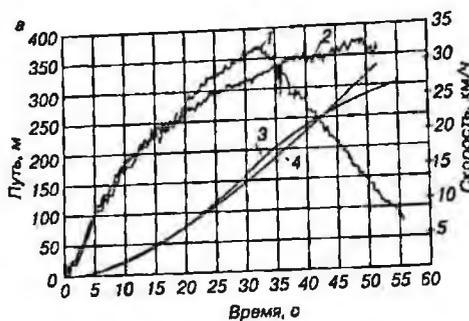


Карьерный самосвал БелАЗ-75570  
грузоподъемностью 90 т

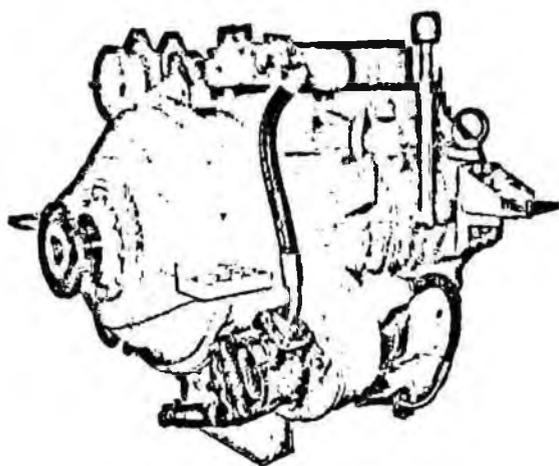
Результаты сравнительных полигонных испытаний самосвалов БелАЗ-75570 с ГМП «БелАЗ» и Allison при движении с грузом в наиболее характерных режимах

Тип ГМП	Показатели движения				
	V, км/ч	S, м	t, с	Δt, %	ΔV, %
Режим 1					
«БелАЗ»	32,5*/20**	177	32	53	7**
Allison	32,9*/18,6**	310	49		
Режим 2					
«БелАЗ»	10,6***	254	32,5	41	27***
Allison	8,3***	237	46		
Режим 3					
«БелАЗ»	11,7***/10,8**	130	43,9	30	37***/22**
Allison	8,5***/8,4**	137	57,2		

\* Максимальная скорость.  
\*\* Средняя скорость.  
\*\*\* Конечная скорость.



Диаграммы движения самосвалов БелАЗ-75570 на горизонтальном прямолинейном участке (а), на подъеме (8 %) с предварительным разгоном (б) и на подъеме (8 %) без разгона, с места (в): 1, 2 — скорость движения, км/ч, соответственно с ГМП «БелАЗ» и Allison; 3, 4 — пройденный путь, м, соответственно с ГМП «БелАЗ» и Allison; 5 — скорость движения на подъеме без разгона, км/ч, с ГМП «БелАЗ» и Allison на первой передаче



Гидромеханическая передача НТЦ «БелАЗ» для самосвалов БелАЗ-75570

за 32 с на участке пути 177 м, в то время как у самосвала с ГМП Allison максимальная скорость 32,9 км/ч реализуется за 49 с на участке пути 310 м. Таким образом, показатель разгона по времени до максимальной скорости на прямолинейном участке у самосвала БелАЗ-75570 с ГМП «БелАЗ» выше на 53 %.

При втором режиме движения в течение 22 с динамика разгона самосвалов на прямолинейном участке перед подъемом приблизительно одинакова, далее с началом подъема скорость начинает снижаться, самосвал БелАЗ-75570 с ГМП «БелАЗ» переключается на третью передачу, затем на вторую с блокировкой гидротрансформатора и преодолевает подъем за 32,5 с с конечной скоростью 10,6 км/ч. При движении самосвала с ГМП Allison на подъем происходит периодическое переключение передач между первой и второй с блокировкой и разблокировкой гидротрансформатора, вызванное большим разрывом в передаточных числах между первой и второй передачей. Самосвал преодолевает подъем за 46 с с конечной скоростью 8,3 км/ч. Таким образом, самосвал с ГМП «БелАЗ» преодолевает подъем 8 % с предварительным разгоном существенно быстрее по времени, чем с ГМП Allison.

Движение самосвала БелАЗ-75570 с грузом 74 т на подъем (8 %) без предварительного разгона начинается с первой передачи, и в начале подъема в течение первых 6 с динамика разгона примерно одинакова для сравни-

ваемых типов ГМП. Далее за счет оптимального распределения передаточных чисел ГМП «БелАЗ» позволяет самосвалу двигаться последовательно на передачах первой, второй, второй с блокировкой гидротрансформатора, третьей и третьей с блокировкой гидротрансформатора и в итоге преодолевать подъем за 43 с с конечной скоростью 11,7 км/ч (на третьей передаче при заблокированном гидротрансформаторе). Значительный разрыв в передаточных числах между первой и второй передачей с ГМП Allison не позволяет самосвалу устойчиво двигаться на второй передаче, снижает динамику при преодолении подъема, в результате чего самосвал с ГМП Allison преодолевает его за 56 с с конечной скоростью 8,5 км/ч. Таким образом, при подъеме без разгона (с места) средняя скорость движения самосвала с ГМП «БелАЗ» выше на 22 %, а время преодоления подъема меньше на 30 %, чем с ГМП Allison H8610A.

Таким образом, результаты проведенных сравнительных испытаний показали, что применение гидромеханической передачи, разработанной НТЦ УГК РУПП «Белорусский автомобильный завод», позволяет существенно повысить тягово-скоростные показатели карьерного самосвала БелАЗ-75570 грузоподъемностью 90 т. □

Региня Владимир Владиславович,  
e-mail: kbst@belaz.minsk.by  
Мытько Анатолий Никитич,  
e-mail: kbst@belaz.minsk.by  
Кучик Александр Сергеевич,  
e-mail: niva\_soligorsk@mail.ru

HYDROMECHANICAL TRANSMISSION FOR A OPEN-CAST DUMP TRUCK WITH LADING CAPACITY OF 90 TONS .  
Reginya V. V., Myt'ko A. N., Kuchik A. S.  
Results comparative ground tests of open-cast dump trucks BelAZ-75570 equipped with hydromechanical transmission "BelAZ" and Allison are presented. Essentially higher traction-speed data of a dump truck with "BelAZ" is shown.

Key words: open cast dump-body truck, hydromechanical transmission, gear ratios, traction-dynamic characteristics, modes of motion.



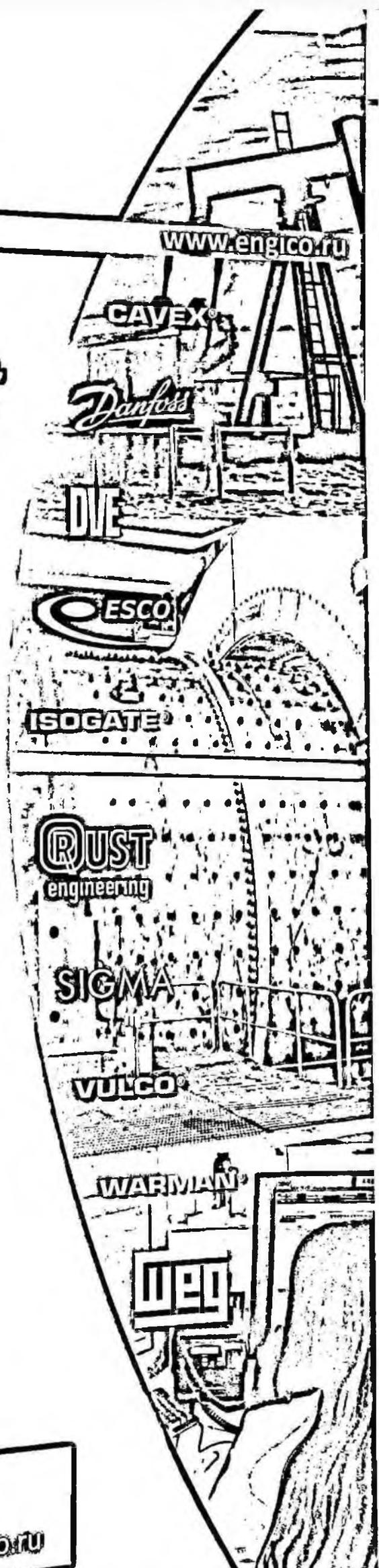
# ИНЖИНИРИНГ КОМПЛЕКТ

[www.engico.ru](http://www.engico.ru)

- ⊗ **Поставка широкого спектра оборудования, техники и комплексных систем для горно-обогатительной промышленности**
- ⊗ **Услуги по инженерному проектированию технологических процессов и объектов, разработка планов строительства**
- ⊗ **Услуги по разработке и внедрению АСУ отдельных технологических процессов, а также разработка комплексных систем управления предприятиями**
- ⊗ **Сервисное сопровождение, шеф-монтаж и обучение специалистов на местах**

**МЫ ОБЕСПЕЧИВАЕМ ЗАКАЗЧИКАМ  
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И  
ПРЕИМУЩЕСТВА КОМПЛЕКСНОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.**

Центральный офис компании  
127282, г. Москва, Полярная ул., д. 39Б  
Тел./факс: +7 (495) 707-1111  
E-mail: [info@engico.ru](mailto:info@engico.ru)



## ИСПЫТАНИЯ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА И ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАО «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ХОЛДИНГ»



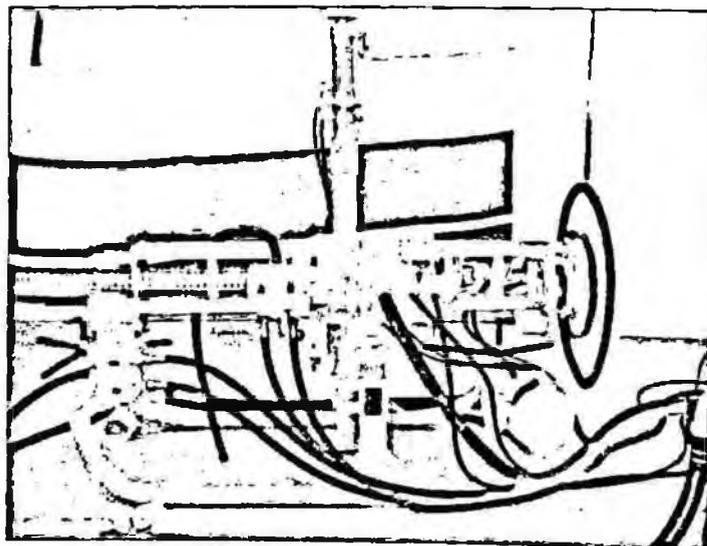
**В. В. ЛЮХАНОВ,**  
технический  
директор



**С. Б. АЛФЕРОВ,**  
директор  
по продажам

ЗАО «Машиностроительный холдинг» («МХ») постоянно проводит изыскания, промышленные испытания, мониторинг качества выпускаемой продукции, а также обучение технического персонала при непосредственном участии специалистов горных предприятий. В этой статье мы продолжаем знакомить читателей «Горного журнала» с работой бурового инструмента и бурового оборудования производства ЗАО «МХ» в промышленных условиях, поскольку именно непосредственный отзыв потребителей наиболее объективно характеризует качество изделия.

В декабре 2009 г. специалистами ЗАО «МХ» введен в эксплуатацию с обучением персонала буровой станок БП-100Н в условиях ОАО «Ново-Широкинский рудник». Бурение взрывных скважин буровым станком БП-100Н проводили в блоке № 6 главного рудного тела, горизонт 868 м. Вмещающими породами являлись андезитовые порфириды, их лавобрекчии. Крепость пород 14–16 по шкале М. М. Протодяконова. Основные рудные минералы представлены галени-том, сфалеритом, халькопиритом.

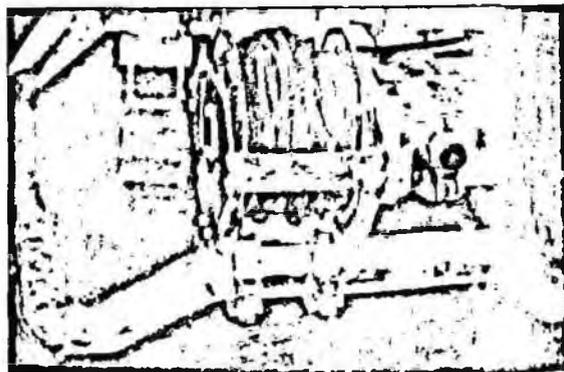


Буровой станок БП-100Н

Бурение проводили погружными пневмоударниками П-110-3,2ШРБ (шлицевое соединение, ребристый цилиндр, мощность 3,2 кВт) с буровыми коронками КНШ-110БШС40 производства ЗАО «МХ».

При вводе станка БП-100Н в эксплуатацию сервисные специалисты ЗАО «МХ» проводили обучение обслуживающего персонала выполнять следующие технические операции: монтаж-демонтаж станка; транспортирование станка на место бурения при помощи штатной пневмолебедки; настройку станка, выставление на угол бурения; забуривание и бурение скважин; наращивание и свинчивание бурового става; техническое обслуживание станка; перестановку на другую точку бурения.

При испытаниях бурового станка БП-100Н средняя глубина скважин составляла до 17 м. Продолжительность бурения 1 м скважин — в среднем 11 мин. Средняя сменная производительность по бурению взрывных скважин в период испытаний составила 18 м. Приемочная комиссия ОАО «Ново-Широкинский рудник» отметила следующие преимущества бурового станка БП-100Н:



Пневмолебедка бурового станка БП-100Н при эксплуатации в ОАО «Ново-Широкинский рудник», тяговое усилие 1000 кгс (10 кН)

- возможность механизированного транспортирования станка по горным выработкам при помощи штатной пневмолебедки;
- на станке установлен надежный механизм наращивания и свинчивания бурового става, что позволяет уменьшить долю ручного труда и обеспечить безопасность работ;
- наличие выносного передвижного пульта управления позволяет машинисту буровой установки находиться в безопасном сухом месте на расстоянии до 5 м от зоны бурения;
- облегчен монтаж станка на рабочем месте: телескопическая распорная колонка вместе с рабочим органом закреплена на салазках, что позволяет уменьшить время монтажа, демонтажа при перестановке станка на новое место бурения;
- телескопическая распорная колонка снабжена гидравлическим домкратом для распорки в кровлю, что дает возможность точно и надежно раскрепить станок на точку бурения;
- применение штанг диаметром 76 мм увеличивает надежность бурового става, точность бурения и интенсифицирует вынос бурового шлама в связи с уменьшением затрубного пространства;

- повышена точность угла бурения скважин за счет применения люнет-патрона, обеспечивающего жесткое положение бурового снаряда при забуривании и бурении;

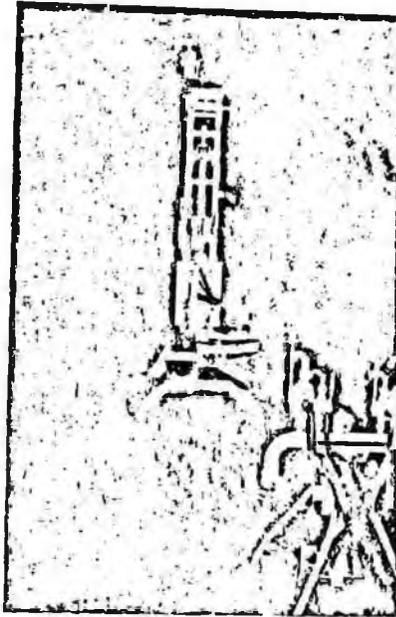
- наличие на станке угломера упрощает процесс выставления станка на заданный угол бурения.

Приемочная комиссия считает проведенные испытания бурового станка БП-100Н успешными, так как он по всем показателям (скорость бурения, точность угла бурения, мобильность при перестановках) превосходит эксплуатируемые в настоящее время на шахте станки НКР-100, ЛПС-ЗУ-ПС, ЛПС-ЗУ-РЭ, и в своем решении рекомендовала к применению буровые станки БН-100Н для подземных условий ОАО «Ново-Широкинский рудник». С предприятием заключен договор на поставку буровых станков и бурового инструмента ЗАО «МХ».

В ноябре 2009 г. специалисты ЗАО «МХ» проводили испытания экспериментального пневмоударника П-130-4,5РРБ (ребристый корпус, мощность увеличена до 4,5 кВт, роликовое соединение) с буровыми коронками КНШ-130-БРУКЕ40 в условиях карьера «Магистраль»; г. Ивдель. Бурение проводили на буровых установках УРБ-2А2. Целью испытаний являлась оценка эксплуатационной стойкости нового пневмоударника П-130-4,5РРБ, определение его производительности и сравнение с серийными пневмоударниками П-130-4, 0МР (мощность 4 кВт). В результате испытаний отмечено, что при бурении пневмоударником П-130-4,0МР скорость бурения составляла 260 мм/мин, а с помощью пневмоударника П-130-4,5РРБ она увеличилась на 20 % — до 312 мм/мин. Отмечено также, что при бурении пневмоударником П-130-4,5РРБ удаление шлама из скважины осуществляется более полно, скважина после бурения остается чистой, и нет необходимости продувать ее дополнительно. Среднесменная производительность при бурении пневмоударником П-130-4,0МР составила 9–10 скважин, а пневмоударником П-130-4,5РРБ — 12–14 скважин.

В ходе испытаний выявлены некоторые недоработки соединения буровой коронки с пневмоударником, после устранения которых планируется провести повторные испытания.

В декабре 2009 г. в условиях подземного рудника ОАО «Гайский ГОК» закончились испытания буровых штанг НКР-63-1250 МХ205.00 производства ЗАО «МХ» к станкам НКР-



Буровой стаяок БП-100Н  
на испытаниях в ОАО «Ново-  
Широкинский рудник»



ОАО «Ново-Широкинский рудник»: обучение технического персонала работе на буровом стаяоке БП-100Н

100. Отличительной особенностью буровых штанг является замковая резьба, т. е. муфта последующей штанги упирается в упор ниппеля предыдущей, что увеличивает срок службы бурового става. Ниппели и муфты буровых штанг изготовлены из специальной буровой стали с применением специального термического упрочнения. За время эксплуатации буровых штанг отбурено 5021 м, и на момент составления акта испытаний буровой став находился в работе. По результатам испытаний ОАО «Гайский ГОК» принял решение о приобретении буровых штанг НКР-63-1250 МХ205.00 производства ЗАО «МХ».

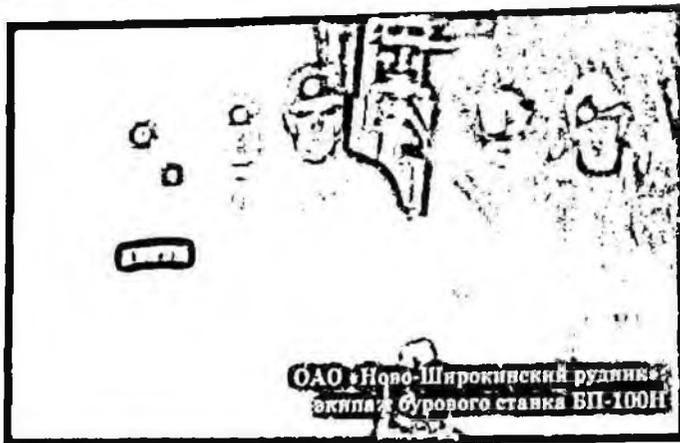
Также в декабре 2009 г. закончились испытания бурового инструмента, пневмоударников П-105ПМ и буровых коронок КНШ-105ПМКЕ и КНШ-105ПМС производства ЗАО «МХ» в условиях Таштагольского и Горно-Шорского филиалов ОАО «Евразруда». В ходе испытаний буровой инструмент производства ЗАО «МХ» показал высокую эксплуатационную стойкость.

На шахте «Шерегешская» Горно-Шорского филиала ОАО «Евразруда» бурение проводили по породе крепостью 16–18 и по руде крепостью 12–14 по шкале М. М. Протодьяконова.

В условиях шахты «Шерегешская» средний ресурс буровых коронок КНШ-105ПМКЕ

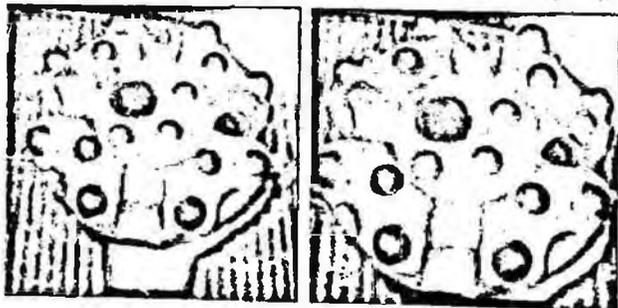
и КНШ-105ПМС производства ЗАО «МХ» превышает применяемые в настоящее время буровые коронки, а стойкость существенно ниже, что соответственно увеличивает эффективность и снижает затраты при проведении буровых работ. Приемочная комиссия Горно-Шорского филиала ОАО «Евразруда» считает буровые коронки производства ЗАО «МХ» пригодными для бурения глубоких скважин в условиях шахты «Шерегешская» и рекомендует приобретение промышленной партии.

В условиях Таштагольского филиала проводили испытания буровых коронок КНШ-105ПМКЕ и КНШ-105ПМС с пневмоударником П-105ПМ производства ЗАО «МХ» и их сравнение с применяемым на руднике буровым инструментом. Коэффициент крепости руды — 13–14, породы — 9–11 по шкале М. М. Протодьяконова.



Бурение проводили на станках НКР-100М, давление сжатого воздуха 0,5 МПа. В ходе испытаний буровой инструмент производства ЗАО «МХ» значительно превзошел применяемый в настоящее время в Таштагольском филиале. Комиссия Таштагольского филиала ОАО «Евразруда» также рекомендовала приобретение промышленной партии бурового инструмента производства ЗАО «МХ».

В октябре 2009 г. закончились промышленные испытания бурового инструмента, пневмоударников П-110-2,8МР и буровых коронок КНШ-110БМС40 производства ЗАО «МХ» в условиях ОАО «КЖРК» (ОАО «Кривбасс-железрудком», Украина, г. Кривой Рог). Промышленные испытания проходили с целью подтверждения результатов предыдущих испытаний. Испытания проводили одновременно на всех шахтах ОАО «КЖРК»: им. Ленина, «Родина», «Гвардейская», «Октябрьская». Комиссия считает, что буровой инструмент производства ЗАО «МХ» успешно прошел промышленные испытания и может применяться в условиях шахт ОАО «КЖРК». По результатам испытаний заключен контракт с ОАО «КЖРК» на поставку бурового инструмента. По согласованию со специалистами ОАО «КЖРК» были изготовлены и в ноябре-декабре 2009 г. испытаны также на всех четырех шахтах буровые коронки КНШ-110БМСр40 (байонетное соединение, твердый сплав баллистической формы).



Буровая коронка КНШ-110БМСр40

Результаты испытаний показали, что в условиях ОАО «КЖРК» при бурении по крепким породам сплав баллистической формы до первых заточек эксплуатируется

дольше, чем полусферический, а при бурении по средним и мягким породам увеличивается как ресурс коронки, так и скорость бурения. Приемочная комиссия считает, что буровые коронки КНШ-110БМСр40 производства ЗАО «МХ» зарекомендовали себя как надежный буровой инструмент и могут успешно применяться в условиях ОАО «КЖРК».

Кроме того, буровые коронки КНШ-110БМСр40 (байонетное соединение, твердый сплав баллистической формы) проходили промышленные испытания в условиях шахты им. Фрунзе ОАО «Суша Балка» (Украина, г. Кривой Рог). Буримые породы представлены джеспилитом крепостью

17–18 и маритовой рудой крепостью 7–8 по шкале М. М. Протождяконова. Бурение проводили на буровых станках НКР-100МПА при давлении сжатого воздуха 0,5 МПа. В ходе испытаний в условиях ОАО «Суша Балка» выявлено, что при ведении буровых работ применение буровых коронок КНШ-110БМСр40 более эффективно. При бурении по твердому джеспилиту сплав баллистической формы до заточки работает дольше, а по слабым маритовым рудам — возрастает скорость бурения по сравнению с полусферическим сплавом. По результатам испытаний заключен контракт с ОАО «Суша Балка» на поставку данных буровых коронок.

Для модернизации и повышения эффективности производства ЗАО «МХ» проводит его постоянное техническое и технологическое перевооружение и внедрение современных методов менеджмента, тесно сотрудничая с Институтом горного машиностроения ОАО «НИПИгормаш». Буровой инструмент производства ЗАО «МХ» изготавливается по современным технологиям, на высокотехнологичном оборудовании из

специальных легированных марок сталей, с применением различных видов термических упрочнений и конфигураций твердосплавного вооружения. Все это позволяет увеличивать ресурс и износостойкость бурового инструмента и успешно конкурировать с мировыми лидерами в этой области. Буровое оборудование производства ЗАО «МХ» применяется на многих горнодобывающих предприятиях, при этом постоянно совершенствуются эксплуатационные качества изделий, что является результатом напряженной работы всех служб предприятия.

**ЗАО «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ  
ХОЛДИНГ»**

Россия, 620024, Екатеринбург,  
Симская ул., 1, офис 401  
тел.: (343) 294-77-77, 295-85-80;  
тел./факс (343) 294-70-70  
www.mash-hold.ru  
e-mail: mashhold@mail.ru

УДК 622.68

Р. Б. САНАКУЛОВ, И. Ш. АБЛАЕВ (ГП «Навоийский ГМК»)

## ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГАЗОДИЗЕЛЬНОЙ СМЕСИ НА БОЛЬШЕГРУЗНЫХ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛАХ



Р. Б. САНАКУЛОВ,  
зам. генерального директора  
по транспорту



И. Ш. АБЛАЕВ,  
зам. директора по транспорту  
Центрального РУ,  
канд. техн. наук

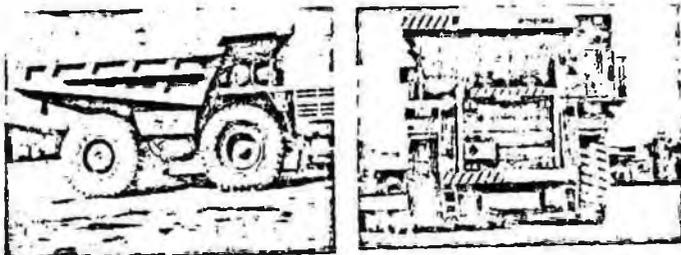
Весомый вклад в экономию энергетических ресурсов может внести замена нефтяного (дизельного) топлива для большегрузных карьерных самосвалов природным газом. При этом значительно сокращаются выбросы загрязняющих веществ отработавших газов двигателей в атмосферу.

По своим свойствам моторное топливо на базе природного газа превосходит нефтяное, поскольку имеет лучшие антидетонационные качества, благоприятные условия смесеобразования и широкие пределы воспламенения в смеси с воздухом.

Немаловажным является возможность устройства хранилищ для сжатого природного газа в непосредственной близости от места работы подвижного состава, как и в случаях использования нефтяного топлива. При этом технология и организация заправки машин остается практически неизменной.

Согласно договору с СКБ Сухина (Украина) о проведении опытно-промышленного эксперимента по использованию в качестве моторного топлива сжатого природного газа, Управлению автотранспорта (УАТ) Северного рудоуправления Навоийского ГМК было поручено перевести один из карьерных самосвалов на газодизельную смесь и провести испытания в условиях карьера «Мурунтау». Для эксперимента был выделен самосвал CAT-785B с наработкой двигателя 8826 мото-ч, а СКБ Сухина предоставило пакет документации, комплектующие детали, запасную арматуру и трубы различного диаметра.

В июле 2005 г. специалистами СКБ Сухина, немецкой фирмы Heinzmann и УАТ проведены стендовые испытания



Модернизированный карьерный самосвал CAT-785B  
для работы на газодизельной смеси

*Изложены результаты стендовых, реостатных и эксплуатационных испытаний самосвала CAT-785B, подтвердивших возможность перевода его двигателя на смесь дизельного топлива и природного газа.*

**Ключевые слова:** газодизельная смесь, двигатель, моторное топливо, испытания, режим работы, карьерный самосвал.

двигателя CAT-3512 самосвала CAT-785B для определения рабочего процесса двигателя на газовой смеси. По результатам испытаний была подготовлена теоретическая база для производства газодизельной смеси и установки оборудования по управлению подачей газа на самосвале. Установлен оптимальный состав газодизельной смеси: 30 % природного газа и 70 % дизельного топлива.

После стендовых были проведены реостатные испытания на участке диагностики в четырех режимах работы двигателя. Данные с него фиксировались самописцем бортового компьютера и программой «Электротехник». Особых различий между дизельным и газодизельным режимами не наблюдалось. Параллельно с проведением испытаний в УАТ по рекомендации специалистов СКБ Сухина был модернизирован кузов самосвала CAT-785B с целью установки дополнительных 54 газовых баллонов. Работы выполнены по чертежам конструкторов УАТ.

После установки модернизированного кузова на самосвал CAT-785B перешли к эксплуатационному испытанию машин в карьере для определения износа компонентов двигателя и трансмиссии, темпов ухудшения качества моторного масла и фактической производительности самосвала. Программа испытаний была рассчитана на 1500 мото-ч, фактически отработано 1537 мото-ч. Высота подъема груза при испытаниях составляла в среднем 216,3 м.

Стендовые, реостатные и эксплуатационные испытания самосвала CAT-785B подтвердили принципиальную возможность перевода двигателя CAT-3512 на смесь дизельного топлива и природного газа. Недопустимых отклонений в работе двигателя и других систем самосвала по показаниям бортовых средств контроля обнаружено не было.

Анализ состояния моторного масла двигателя при работе самосвала CAT-785B на газодизельной смеси показал, что уровень окисления и нитрации масла уменьшился на 30 и 23 % соответственно, на 42 % снизился и уровень сажи, сульфатация масла осталась прежней, физико-химические показатели масла не изменились.

По данным спектрального анализа, установлено, что переход на газодизельную смесь не вызвал повышенного износа агрегатов и узлов самосвала. Среднетехническая и среднеэксплуатационная скорости в газодизельном и дизельном режимах практически остались одинаковыми.

Относительное снижение затрат при газодизельном режиме составило 0,94 узб. сум/(т·км).

В ходе испытаний выяснилось, что при заправке автомобиля газом (под давлением 10–11 МПа) его хватает на сутки работы в газодизельном режиме. Время заправки — 60–90 мин в зависимости от температуры окружающей среды и давления в ПАГС-3300. В будущем предусмотрена ускоренная заправка непосредственно в карьере, что позволит значительно сократить время простоя.

Для заправки машин сжиженным природным газом (СПГ) вместо заправочных пистолетов требуется применение специальных стыковочных узлов, состоящих из бортового штуцера машины и наконечника заправщика.

Эксплуатация машин, на которых в качестве топлива используют СПГ, в противопожарном отношении считается безопасной. Вместе с тем СПГ относится к группе горючих веществ, способных образовывать с воздухом взрывоопасные и легко воспламеняющиеся смеси. Взрывоопасные концентрации СПГ могут образовываться при первоначальном заполнении резервуаров и трубопроводов, при их ремонте и техническом обслуживании (ТО), а также в аварийных ситуациях. В связи с этим основные и производственные помещения для проведения ТО и ремонта машин должны быть оборудованы непрерывно действующей системой автоматического контроля воздушной среды, с установкой датчиков довзрывной концентрации; эффективной естественной вентиляцией, обеспечивающей постоянный воздухообмен; системой аварийного (эвакуационного) освещения во взры-

возащищенном исполнении; системой звукового и светового аварийного оповещения; устройствами аварийной вентиляции с резервными вентиляторами и электроснабжением первой категории надежности; применением электрооборудования во взрывозащищенном исполнении в соответствии с Правилами устройства электроустановок. Для безопасного обслуживания и ремонта машин с газовым оборудованием необходима реконструкция производственных помещений УАТ с привлечением соответствующих служб и органов.

В заключение отметим, что опытно-промышленный эксперимент подтвердил возможность работы дизельных двигателей большой мощности на газодизельной смеси в тяжелых карьерных условиях. Обязательным является оснащение двигателя блоком электронного управления подачей в цилиндры порций газодизельной смеси при различных нагрузках. □

Санакулов Рустамбек Бурханович,  
Аблаев Искандер Шевкетович,  
e-mail: info@ngmk.uz

#### PILOT EXPERIMENT ON USE OF GAS DIESEL MIXES ON HEAVY-DUTY MINE DUMP TRUCKS

Sanakulov R. B., Ablayev I. Sh.

Results of bench, rheostatic and operational tests of dump truck CAT-785B which has confirmed possibility of transfer of its engine on a mix of diesel fuel and natural gas are stated.

*Key words: gas diesel mix, engine, motor fuel, tests, operating mode, mine dump truck.*

### VI конференция Raw Materials Group в г. Стокгольме

В ноябре 2009 г. в Стокгольме (Швеция) прошла VI конференция, посвященная инвестициям в разведку и добычу полезных ископаемых. В работе конференции, ежегодно проводимой компанией Raw Materials Group (RMG), приняли участие руководители и представители работающих в Северной Европе компаний Alcaston Exploration, Bollden, Botnia Exploration, Endomines, Gold-Ore Resources Ltd., IGE Nordic, Kopparberg Mineral, Lappland Goldminers, LKAB, Lovisagravan, Mineral Invest, Northland Resources и Platina Resources Ltd., а также руководители и аналитики фондовых финансовых обществ Стокгольма, Хельсинки и Осло.

Представители двух ведущих европейских горнодобывающих компаний — Bollden (производителя цветных металлов) и LKAB (государственного шведского предприятия по добыче железной руды) — уверены в успешном будущем горнодобывающей отрасли в странах Северной Европы. Генеральный директор компании Bollden Леннарт Эврелл предположил, что в 2010 г. цены на медь и цинк будут высокими, но неустойчивыми, особенно сейчас, когда производительность шахт почти достигла полной мощности. Также он отметил, что текущее увеличение производительности компаний обусловлено только устойчивым спросом железорудного сырья со стороны Китая.

Финансовый директор компании LKAB Лейф Бустрём сообщил, что компания планирует финансировать свои мощности за счет займов на открытом рынке. В октябре 2009 г. LKAB экспортировала рекордное количество железной руды, а планируемые объемы окатыша, которые будут произведены в 2010 г., уже почти распроданы.

Международные эксперты высказали свою точку зрения относительно будущего рынков металлов. Так, аналитик Пекинской компании Antaiki Information Цзян Гофан отметил высокий спрос в Китае на металлы и сообщил, что в 2010 г. ожидается падение импорта меди примерно на 50 % по сравнению с 2009 г., в результате чего рынки придут в равновесие. Гораздо более

оптимистичный прогноз сделал Джим Леннон из Macquarie Bank. Он считает, что спрос на свинец превосходит предложение в основном благодаря значительному увеличению производительности китайской автомобильной промышленности. Главный экономист шведского Handelsbanken Ян Хэггстрём дал общую оценку долгосрочной перспективе изучения демографических тенденций и китайских разработок. Специалист по рынку железной руды Магнус Эрикссон (компания RMG) сообщил о том, что европейские сталелитейные заводы пытаются найти альтернативных поставщиков, чтобы не быть зависимыми исключительно от бразильской компании Vale — крупнейшего в мире производителя железорудного сырья. В этом плане хорошие перспективы у компании Northland Resources, владеющей шахтой Паяла. Эта шахта в настоящее время является самой перспективной среди железорудных предприятий Швеции и станет единственной новой шахтой по добыче железной руды на севере Швеции за последние десятилетия.

Участники конференции отметили, что в начале 2009 г. в Швеции и Финляндии значительно снизились объемы геологоразведочных работ. Однако уже во второй половине 2009 г. компаниям Botnia Exploration и Alcaston Exploration удалось привлечь необходимый капитал для активного продолжения разведочных работ. Компании Endomines и Lappland Goldminers также привлекают инвестиционный капитал для разработки новых месторождений золота в Швеции и Финляндии.

На конференции компании RMG уже в третий раз была вручена награда Nordic Exploration Award. В 2009 г. ее получили геологи Стина Даниэльсон и Рольф Йонссон, а также геофизик Роберт Панце. Все они работают в компании Bollden в течение многих лет.

По результатам конференции можно отметить, что в ближайшие годы геологоразведочные работы будут стимулировать развитие горнодобывающей отрасли стран Северной Европы.

УДК 622.416.4:621.63

Н. Н. ПЕТРОВ, А. С. КОЗЫРЕВ (ИГД СО РАН)  
А. А. КОЛМАКОВ (Институт «Аэротурбомаш»)

## КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ВЫБОРА ВЕНТИЛЯТОРОВ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ ШАХТ



Н. Н. ПЕТРОВ,  
главный научный сотрудник,  
проф., д-р техн. наук



А. С. КОЗЫРЕВ,  
аспирант



А. А. КОЛМАКОВ,  
инженер

*Представлена методика выбора вентиляторов при проектировании главных вентиляторных установок шахт по критериям стоимости оборудования, строительства зданий и сооружений; экономичности эксплуатации комплекса; управляемости; оперативности реверсирования; адаптивности к изменениям параметров вентиляционной сети и надежности.*

**Ключевые слова:** главные вентиляторные установки, вентиляторы, аэродинамические характеристики, вентиляционные сети, потери производительности и напора, системы управления, реверсирование, энергозатраты, рабочие колеса, лопатки, надежность.

Проектирование проветривания крупных шахт требует обоснованного выбора оборудования главных вентиляторных установок (ГВУ), с всесторонним анализом множества характеристик и критериев эффективности рассматриваемых вариантов. Так, при анализе вариантов по критерию «стоимость» необходимо учитывать, что для ГВУ с вентиляторами ВЦ (ВЦД) и ВОД удельные стоимости строительно-технологической части комплекса зданий и сооружений, механического оборудования (вентиляторов) и электрооборудования составляют соответственно 53, 24 и 23 % [1], однако решение при анализе вариантов принимают, как правило, только с учетом стоимости вентиляторов.

В комплексах ГВУ могут создаваться совмещенные питающие подстанции 110/35/6 кВ со средствами компенсации «отстающей реактивной» мощности. В состав ГВУ, как правило, входят воздухонагревательные устройства (калориферные) и сложные системы каналов со средствами переключения резервных агрегатов, стоимость и надежность которых также необходимо учитывать.

Схема и сложность каналов комплекса ГВУ определяют уровень потерь давления и производительности установок, которые характеризуются коэффициентом потерь, составляющим, например, для установок с вентиляторами ВЦ, ВОД 0,28–0,35, т. е. до 35 % потребляемой ГВУ энергии

теряется в каналах [2, 3]. В условиях постоянного роста тарифов на энергию, удельный вес которой в себестоимости добываемого полезного ископаемого достигает 30–35 %, указанные потери могут показаться весьма весомыми, поэтому при анализе по критерию «экономичность» следует учитывать потери энергии в каналах, в вентиляторе и электроприводе ГВУ с учетом прогнозируемого роста тарифов на энергию.

Кроме критериев «стоимость» и «экономичность» другими важными характеристиками комплексов ГВУ являются управляемость, реверсивность, адаптивность, компактность, надежность. Открытость рынка поставок техники для горной промышленности России, а также многокритериальность задачи выбора оборудования ГВУ обуславливают необходимость разработки метода объективного интегрального анализа рассматриваемых в проектах вариантов по указанным критериям. По мнению авторов, в основе метода целесообразно использовать Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов [4].

Содержательный смысл предлагаемого метода заключается в интегрированном учете суммарных, проводимых одновременно затрат на приобретение и эксплуатацию оборудования ГВУ, которые посредством дисконтирования, через коэффициент эффективности капитальных вложений приводят к единому периоду (например, к вводу вентиляторной установки в эксплуатацию). При этом суммарные дисконтированные затраты  $C_i$  на строительство и эксплуатацию вентиляторной установки с оборудованием типа  $i$ , приведенные к единому моменту времени, определяются как

$$C_i = \sum_{t=0}^T K_i \cdot \alpha_t + \sum_{t=0}^T A_{ijt} \cdot \alpha_t \rightarrow \min,$$

где  $K_i$  — капитальные вложения на создание установки с вентилятором типа  $i$ , руб.;  $A_{ijt}$  — эксплуатационные расходы на функционирование установки с вентилятором типа  $i$ , работающим в режиме  $j$ , в году  $t$ , руб.;  $t$  — номер шага (год) расчета ( $t = 0$  — базисный год — начало строительства установки);  $T$  — горизонт (период) расчета от начала строительства;  $\alpha_t$  — коэффициент дисконтирования (с учетом факторов времени, неопределенности и риска принят равным 0,12, исходя из действующего коэффициента эффективности капитальных вложений).

Ниже показаны возможные альтернативные варианты ГВУ (табл. 1) и в качестве примера — расчетные параметры

Таблица 1. Альтернативные (анализируемые) варианты ГВУ

Поставщики вентиляторов	Типы вентиляторов	Нумерация (i)
Заводы России и других стран СНГ	ВЦ (ВЦД)	1
	ВОД	2
	ВО	3
Предприятия дальнего зарубежья	ВДК (Китай)	4
	GAT (TLT-Turbo, Голландия)	5
	AL-HLN (Австралия)	6
	450 LN4HKF (Howden, Германия)	7
	Zitron	8

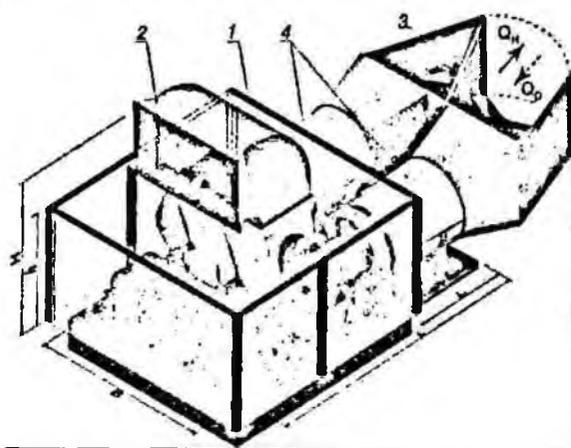


Рис. 1. Модель ГВУ с вентиляторами серии ВО:  
1 — щитовое укрытие вентиляторов контейнерного типа;  
2 — входная коробка с перекидной лядой; 3 — флажковая дверь; 4 — диффузоры реверсивных вентиляторов с поворотными (на ходу) лопатками рабочего колеса

вентиляторов нового ряда типа ВО (рис. 1, табл. 2), их аэродинамические характеристики (рис. 2), а также предлагаемые методические подходы к анализу альтернативных вариантов на примере проектных вентиляционных режимов шахт «Сибиргинская» и «Южная».

Диапазон стоимостей оборудования и сооружений ГВУ при одних и тех же вентиляционных параметрах может быть достаточно широк, так как обусловлен множеством объективных и субъективных факторов, поэтому их достоверность необходимо тщательно проверять. После получения объективных исходных данных сравнение вариантов закупаемого оборудования рекомендуется рассчитывать

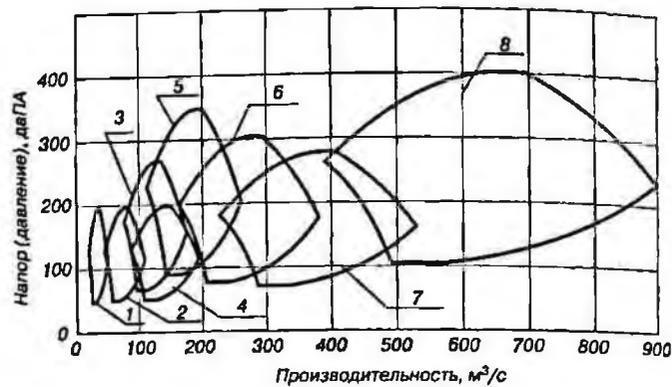


Рис. 2. Аэродинамические характеристики вентиляторов:  
1 — ВО-12К (1500 мин<sup>-1</sup>); 2 — ВО-18К (1000 мин<sup>-1</sup>); 3 — ВО-21К (1000 мин<sup>-1</sup>); 4 — ВО-24К (750 мин<sup>-1</sup>); 5 — ВО-24К (1000 мин<sup>-1</sup>); 6 — ВО-30К (750 мин<sup>-1</sup>); 7 — ВО-36К (600 мин<sup>-1</sup>); 8 — ВО-43К (600 мин<sup>-1</sup>)

по выражению (1) и выбирать по критерию «экономичность» тот вариант, который обеспечивает минимум суммарных приведенных затрат. При этом сравниваемые эксплуатационные расходы на функционирование вентиляторной установки включают стоимость израсходованной энергии, а также затраты на обслуживание оборудования ГВУ, включая ремонты, и определяются по формуле

$$A_{гв} = \frac{Q_{гв} \cdot P_{ст}}{102 \cdot \eta_{эл} \cdot \eta_{анл} \cdot \eta_k} \cdot T_{гв} \cdot S + Z_{гв} \quad (2)$$

где  $A_{гв}$  — годовые эксплуатационные расходы по ГВУ;  $Q_{гв}$  — производительность (подача воздуха) вентилятора  $i$  в режиме  $j$  в году  $t$ , м<sup>3</sup>/с;  $P_{ст}$  — статическое давление вентилятора  $i$  в режиме  $j$  в году  $t$ , даПа;  $i$  — тип рассматриваемого вентилятора;  $j$  — рассматриваемый режим (давление и производительность вентилятора);  $\eta_{эл}$  — эксплуатационный КПД вентилятора  $i$  в рассматриваемом режиме  $j$ ;  $\eta_{анл}$  — КПД электропривода вентилятора;  $\eta_k$  — КПД каналов вентиляторной установки;  $T_{гв}$  — число часов работы вентилятора за год в данном режиме;  $S$  — стоимость 1 кВт·ч расходуемой электроэнергии в данном энергорайоне, руб/(кВт·ч), с учетом платы за  $\cos\phi$  (асинхронную реактивную мощность);  $Z_{гв}$  — плата за присоединенную (установленную) мощность (кВт), руб/мес, затраты на обслуживание и ремонт ГВУ с вентиляторами типа  $i$  за год  $t$ , включая стоимость запчастей, убытки от отказов ГВУ и др.

Для расчетов эффективности рассматриваемых вариантов использована специальная компьютерная программа. Пример одного из расчетов (табл. 3) показывает, что даже при низких тарифах [0,85 руб/(кВт·ч)] годовая стоимость расходуемой электроэнергии может

Таблица 2. Основные параметры вентиляторов типа ВО

Тип вентилятора	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Мощность привода, кВт	Размеры, мм						Аэродинамические параметры	
			L	L1	L2	B	H	h	Максимальная подача, м <sup>3</sup> /с	Максимальное давление, даПа
ВО-21К	1000	500	8295	5670	2625	5300	6870	4300	140	240
ВО-24К	750	630	9480	6480	3000	6900	7610	4400	220	330
ВО-30К	750	1250	11850	8100	3750	8500	9585	5570	400	475
ВО-36К	600	2500	14220	9720	4500	10100	11502	6700	540	440
ВО-43К	600	4800	17200	11700	5500	11700	13739	8000	920	625

Таблица 3. Пример расчета сравнительной эффективности вентиляторных установок на шахтах «Сибиргинская» и «Южная»

Шахта	Тип установки и вентилятора	Тип электроприбора и установленная мощность, кВт	Режим работы установки		Возможности управления режимом проветривания		Общий эксплуатационный КПД установки	Годовой расход и стоимость электроэнергии, млн кВт·ч/млн руб.	Оценка стоимости установок*, млн руб., в том числе			Суммарные приведенные затраты за 10 лет, млн руб.
			$Q_n$ , м <sup>3</sup> /с	$P_r$ , даПа	Реверсирование $Q_p/T_p$ , с	Регулирование $Q_n$ , разгазирование			оборудование	здания и сооружения	общая	
«Сибиргинская»	Одна установка с двумя вентиляторами ВО-24К	СД-6 кВт, 1260	123	267	$\frac{0,78Q_n}{90}$	Да	0,63	$\frac{2,33^{**}}{10,31}$	24,5	8,9	33,4	134,3
	Одна установка с двумя вентиляторами ВДК-8 №26-А	АД 6 кВт, 1800	123	267	$\frac{0,7Q_n}{600}$	Нет	0,62	$\frac{4,15}{15,43}$	30,4	11,2	41,6	183,2
«Южная»	Одна установка с двумя вентиляторами ВО-30К	СД 6кВт, 2500	240	320	$\frac{0,78Q_n}{90}$	Да	0,67	$\frac{4,33^{**}}{20,21}$	30,5	12,5	43	215,8
	Одна установка с двумя вентиляторами ВДК-8 №30-В	АД 6 кВт, 3600	240	320	$\frac{0,7Q_n}{600}$	Нет	0,53	$\frac{11,47}{33,56}$	38,4	14,1	52,5	318,5

Примечания.  $Q_n$ ,  $Q_p$  — производительность вентилятора в нормальном и реверсивном режимах соответственно;  $T_p$  — время реверсирования режима, с. В расчетах стоимость 1 кВт·ч принята 0,85 руб., стоимость 1 кВт установленной мощности — 551 руб/мес.  
\* Ориентировочно в ценах I квартала 2007 г.  
\*\* Расход электроэнергии приведен с учетом возможности регулирования подачи воздуха.

достигать 50–70 % стоимости оборудования ГВУ. Проектировщик и заказчик на основе конкретных данных по стоимости оборудования и энергии (руб/(кВт·ч), руб/Гкал) может объективно оценить возможные варианты выбора вентиляторов по основным критериям — стоимость и экономичность.

Далее переходят к дополнительным характеристикам оборудования для ГВУ по критериям управляемости, надежности, реверсивности и адаптивности.

Критерий управляемости главных вентиляторов и ГВУ отражает их способность изменять производительность со скоростью не меньше, чем, например, скорость изменения метановыделения в лаве, забое или участке шахты. По данным телеметрии метаносодержания в механизированных лавах (не считая внезапных выбросов или экстренных метановыделений), скорость метановыделения находится в пределах 0,015–0,026 % CH<sub>4</sub>/мин, максимальная достигает 0,12 % CH<sub>4</sub>/мин. С учетом совместного последовательного регулирования воздухоподачи в очистной забой посредством управляемых вентиляционных дверей и главных вентиляторов скорость изменения их производительности должна находиться в пределах 0,042–0,053 м<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup>/мин, с ограничением максимальной скорости [5]. Такие скорости изменения производительности могут обеспечить только осевые вентиляторы с поворотными (на ходу) лопатками рабочего колеса. Именно такие вентиляторы наиболее распространены на шахтах Австралии, США и других стран, где применяют системы автоматического управления проветриванием шахт (САУПШ). Без САУПШ, как и прежде, будут иметь место систематические загазования и остановки работ в забоях, что, даже без учета убытков от взрывов метана и других аварий с миллиардными убытками, приводит к значительным мате-

риальным потерям, в том числе из-за перерасхода на 35–40 % энергопотребления на вентиляцию шахт [3, 5].

В соответствии с действующими правилами безопасности при реверсировании вентиляционной струи в каждую из подземных выработок должна обеспечиваться подача воздуха не менее 60 % нормального режима. С учетом специфики воздухораспределения в шахтах для выполнения этих требований вентиляторы в реверсивном режиме должны давать 100 % и более прямого режима, что способны обеспечить только осевые вентиляторы, реверсируемые поворотом лопаток рабочего колеса на угол 120° от минимального.

Реверсирование осевых вентиляторов возможно осуществлять без изменения направления вращения и с изменением [5, 6]. Первый способ реверсирования путем поворота лопаток рабочего колеса до угла 135° реализован в разработках авторов по вентиляторам серии ВО, которые могут обеспечить 100 % и более производительности прямого режима. При реверсировании с изменением направления вращения, без поворота лопаток рабочего колеса, лопатка «работает» задней кромкой вперед, кривизна ее профиля становится обратной, и поэтому резко падает КПД, а вентилятор в реверсивном режиме может обеспечить не более 75 % прямого режима.

Надежность реверсирования вентиляторных установок обеспечивается возможностью включения устройств реверсирования струи на ходу вентилятора и их многократного включения при проверке, а также сокращением числа последовательно соединенных элементов в устройстве реверсирования. Эти возможности реализованы в установках с вентиляторами серии ВО, которые оснащены дополнительно ручным приводом, позволяющим оператору при отказе электрообору-

дования 0,4 кВт выполнить реверсирование вентилятора вручную за 60–90 с. Показатели надежности реверсирования в установках с вентиляторами ВДК ниже, так как каждый из них имеет по два электропривода и соответственно — по четыре высоковольтных распределительных устройства, которые нужно переключать при реверсировании вентилятора.

В целом показатели эксплуатационной надежности, вычисленные по статистическим данным эксплуатации ГВУ на шахтах СССР за 1975–1990 гг., обобщены в работе [7]. На их основе авторами настоящей статьи дана оценка сравнительных показателей функциональной надежности вентиляторов и установок с машинами серий ВЦ, ВОД и ВО (табл. 4).

По надежности вентиляторов ВДК (Китай) нет данных, кроме декларируемой простоты конструкции, однако установки с этими вентиляторами имеют удвоенное количество высоковольтного оборудования, в том числе 11 комплектных высоковольтных распределительных устройств, в связи с чем надежность комплекса ГВУ скорее всего будет в 1,5–2 раза ниже в сравнении с достигнутой на шахтах России, особенно при реверсировании в аварийных ситуациях. Следует также отметить, что вентиляторы ВДК имеют по два рабочих колеса с 28 поворотными (не на ходу) лопатками, в то время как ВО имеют всего одно рабочее колесо с 8 поворотными (на ходу) лопатками.

По надежности вентиляторов GAT (TLT-Turbo, Голландия), AL-ALT следует ожидать высоких показателей, но модульность исполнения и сменяемость узлов на рабочем месте предполагают «фирменное» сервисное обслуживание, высокую техническую подготовку и традиции эксплуатационного персонала. Также следует иметь в виду, что надежность в значительной мере обеспечивается ремонтпригодностью изделий, которая, в свою очередь, пред-

Таблица 4. Показатели функциональной надежности ГВУ с различными вентиляторами

Показатель	ГВУ с вентиляторами			
	ВЦ-15 (4 ед.)	ВЦ-25м (4 ед.)	ВОД-30м (2 ед.)	ВО-24К (2 ед.)
Вероятность безотказной работы ВУ в режиме нормального проветривания	0,574	0,468	0,816	0,818
Вероятность безотказной работы устройств реверсирования воздушной струи	0,779	0,735	0,536	0,953
Коэффициент оперативной готовности ВУ с учетом надежности реверсирования потока воздуха	0,395	0,297	0,326	0,763
Коэффициент оперативной готовности ВУ в режиме нормального проветривания	0,573	0,468	0,816	0,818
Коэффициент готовности устройств реверсирования струи	0,885	0,863	0,745	0,981
Коэффициент оперативной готовности устройств реверсирования струи	0,689	0,634	0,4	0,935
Вероятность безотказной работы устройств переключения резерва	0,603	0,492	0,823	0,823

определяется степенью доступности при осмотре (ремонте), взаимозаменяемостью, местом дислокации сервисных служб и т. д.

Важнейшим показателем ГВУ шахт является возможность адаптировать (перенастроить, изменить, приспособить) их характеристики (давление и расход воздуха) к изменяющимся параметрам вентиляционной сети. Вентиляторы серии ВО выполнены с двумя сменными взаимозаменяемыми вариантами лопаток рабочего колеса, что позволяет, кроме регулирования производительности в 1,5–2,1 раза за счет поворота лопаток от 15° до 50°, дополнительно увеличивать производительность и давление вентилятора в 1,25–1,45 раза за счет замены лопаток рабочего колеса. Это обеспечивает также повышение среднего эксплуатационного статического КПД вентиляторов до 0,7–0,75, так как взамен снимаемых устанавливаются лопатки, соответствующие заданному режиму работы с наибольшим КПД.

Библиографический список

1. Петров Н. Н. Об экономичности, стоимости и металлоемкости вентиляторных агрегатов // ФТПРПИ. — 1988. — № 4.
2. Верещагин В. П., Олейник В. Я. Анализ потерь энергии в шахтных вентиляторных установках // Вопросы эксплуатации шахтных стационарных установок. — Донецк : ВНИИГМ, 1985.
3. Захарова А. Г., Разгильдеев Г. И. Структура энергопотребления и ресурсы энергосбережения на шахтах Кузбасса // Уголь — 2000. — № 7.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (2-я ред.). — М. : Экономика, 2000.
5. Петров Н. Н., Барахтенко Е. В. Пути повышения экономичности и надежности проветривания рудников // ФТПРПИ. — 2006. — № 2.
6. Брусиловский И. В. Аэродинамика осевых вентиляторов. — М. : Машиностроение, 1984.
7. Демочко С. И., Кузнецов А. В., Паршинцев В. П. Неисправности шахтных вентиляторных установок главного проветривания : справочное пособие. — М. : Недра, 1990. □

Петров Нестер Никитович,  
тел.: (383) 217-01-43

Козырев Алексей Сергеевич,  
тел.: (383) 217-01-43

Колмаков Алексей Александрович,  
тел.: (383) 330-92-20

CRITERIA AND TECHNIQUE OF A CHOICE OF MAIN MINE FAN

Petrov N. N., Kozыrev A. S., Kolmakov A. A.

The technique of a choice of fans at designing of main mine fan layouts by criteria of equipment cost, buildings and structures; operating economy of a system; controllability; efficiency of reverse; adaptabilities to changes of parameters of a fan system and reliability is presented.

Key words: main fan layouts, fans, aerodynamic characteristics, fan systems, losses of productivity and pressure, control system, reverse, energy demands, blade wheels, blades, reliability.

УДК 621.316 (ОАО «Апатит»)

М. В. ГОРБАЧЕВ, Ю. В. ЯБЛОЧКИН (ОАО «Апатит»)

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКОВ



М. В. ГОРБАЧЕВ,  
главный энергетик



Ю. В. ЯБЛОЧКИН,  
зам. главного энергетика —  
главный электрик

Приведены этапы выполнения модернизации и реконструкции оборудования, предназначенного для надежного обеспечения внешнего электроснабжения подземных рудников.

Ключевые слова: подземные рудники, электроснабжение, распределительные устройства, коммутационный модуль, высоковольтные ячейки, высоковольтные выключатели.

В 2003 г. в связи с развитием новых мощностей Кировского и Расвумчоррского рудников в ОАО «Апатит» началось проектирование новой узловой подстанции № 73 (ПС-73) напряжением 150/35/6 кВ, мощностью 2×40 МВА.

При проектировании и строительстве ПС-73 службе главного энергетика ОАО «Апатит» следовало решить несколько стратегических задач электроснабжения площадки северной группы рудников:

ввести в 2009 г. новые дополнительные мощности для вентиляторно-калориферной установки вспомогательного ствола № 2 Расвумчоррского рудника, а также для дробильно-доставочного комплекса на отм. +425 м;

решить проблемы высвобождаемых на Кировском руднике мощностей на ПС-17 с их переброской на новые объекты — ГС-2 и ЗВС, что исключило бы сложнейшую реконструкцию ПС-43 в условиях действующего рудника;

повысить надежность электроснабжения Расвумчоррского и Кировского рудников за счет взаиморезервирования систем 150 и 110 кВ;

оптимизировать мощность головных трансформаторов ОАО «Апатит».

На рис. 1 представлена действующая схема электроснабжения Кировского, Расвумчоррского и Центрального рудников ОАО «Апатит» по состоянию на 01.01.2003 г.

Детально рассмотрев совместно с исполнителем проекта (СевЗапЭнергоСетьПроект, г. Санкт-Петербург) все новые вводимые объекты Расвумчоррского рудника, было принято решение о принципиальном изменении схемы электроснабжения (рис. 2), согласно которой ПС-73, присоединенная к энергосистеме по 150 кВ, получает надежное двухстороннее питание от Кольской АЭС и Апатитской ТЭЦ.

При проектировании ПС-73 специалистами службы главного энергетика ОАО «Апатит» была

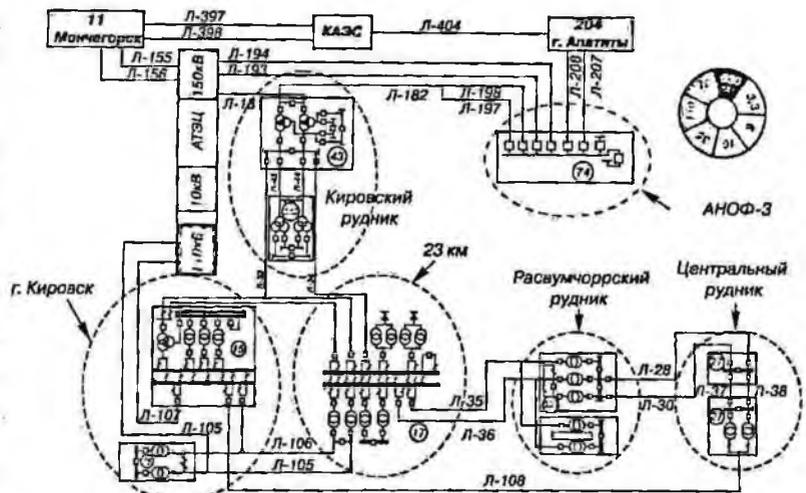


Рис. 1. Схема электроснабжения группы северных рудников ОАО «Апатит» по состоянию на 01.01.2003 г.

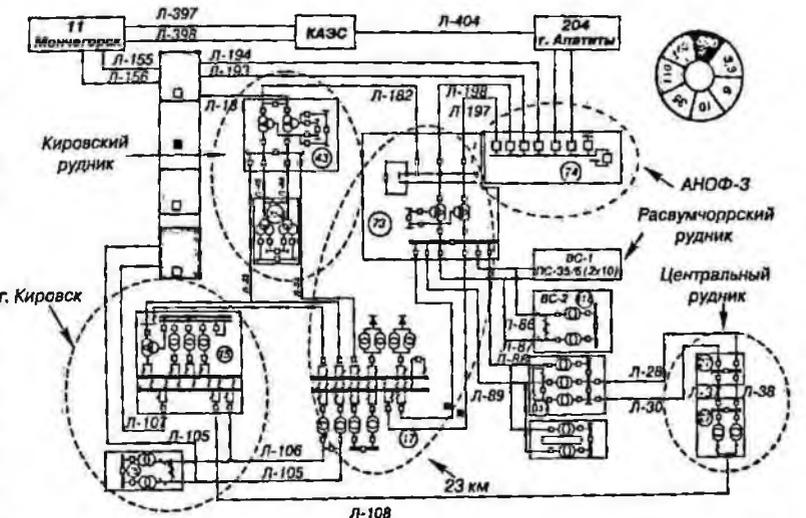


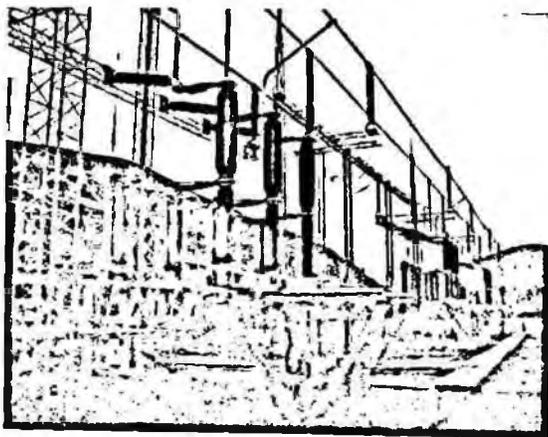
Рис. 2. Схема электроснабжения группы северных рудников ОАО «Апатит» по состоянию на 01.01.2009 г.

продела большая подготовительная работа по подбору оборудования 150, 35 и 6 кВ. Так, например, основываясь на опыте эксплуатации открытых распределительных устройств в условиях Крайнего Севера и ознакомившись в 2004 г. с производством фирмы ABB в г. Людвике (Швеция), было решено применить модуль LTB Compact для компоновки ОРУ-150 кВ проектируемой подстанции № 73. Коммутационный модуль LTB Compact включает элегазовый выключатель с функциями разъединителя и трансформатор тока. Модуль предназначен для установки в помещении и на открытом воздухе. В основу конструкции модуля заложен выключатель типа LTB на выкатном элементе. Элегазовый выключатель состоит из трех полюсов и имеет один пружинный привод с механическим заводом пружин. Процесс разъединения выполняется путем выкатывания тележки с выключателем из неподвижных контактов. Разъединителем можно управлять с помощью механического или ручного привода. Фиксированные контакты разъединителя являются частью сборных шин, а его подвижными контактами служат выводы выключателя.

Основные преимущества коммутационного модуля LTB Compact следующие:

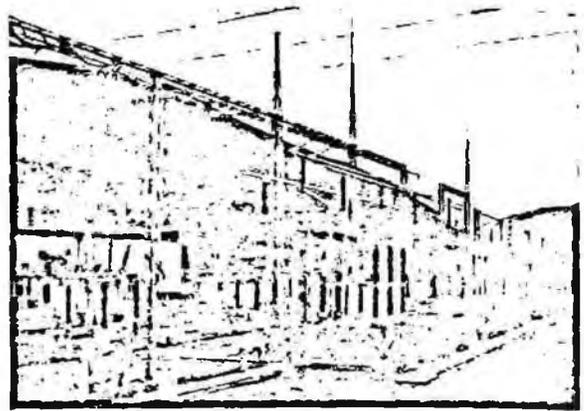
- повышенная надежность;
- низкие затраты на обслуживание;
- небольшое занимаемое пространство для размещения;
- увеличенная степень безопасности;
- незначительное время монтажа;
- возможность применения с различными типами оборудования;
- возможность установки на открытом воздухе и в помещении.

Применение интегрированных многофункциональных модулей многократно испытанной конструкции упрощает схему и увеличивает надежность работы подстанции. Модуль LTB Compact позволяет снизить затраты на монтаж, обслуживание и ремонт.



Коммутационный модуль LTB Compact (ПС-73, ОРУ-150 кВ)

В 2007 г. в рамках строительства ПС-73 фирма ABB для ОРУ-150 кВ осуществила комплектную поставку оборудования: интегрированного коммутационного модуля LTB Compact на основе стандартного выключателя LTB-170 с трансформаторами тока ИМВ-170 опорной конструкции со сборными шинами (6 ед.), а также линейных модулей LEM-170 с трансформаторами напряжения СРВ-170, СРА-170 и ОПН (7 ед.).



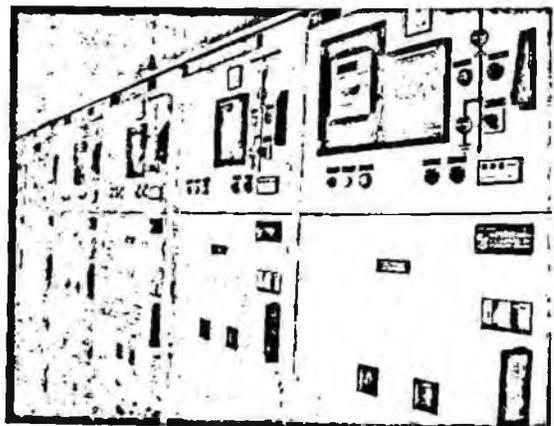
Подстанция № 73, ОРУ-150 кВ, август 2008 г.

Применение коммутационного модуля LTB Compact с элегазовыми выключателями позволило сократить площадь ОРУ ПС-73 почти в 2 раза (с 2,2 до 1,25 га) и полностью отказаться от разъединителей 150 кВ, которые в ходе эксплуатации служат основной причиной аварий, вызванных поломкой фарфоровой опорной изоляции.

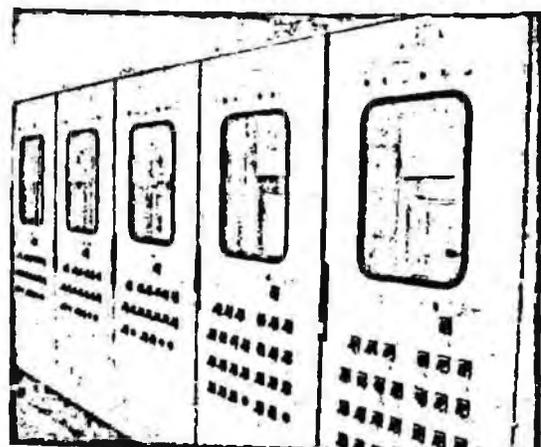
Комплектное распределительное устройство КРУ-35 кВ размещено в здании с применением камер RXD с вакуумными выключателями Siemens. Для КРУ-6 кВ применены камеры D-12 PT с вакуумными выключателями Evolis компании Schneider Electric.

На всех уровнях напряжений применены цифровые системы защиты ведущих фирм мира — ABB и Schneider Electric. Полукомплекты линейных защит подстанций ПС-74, ПС-73, ПС-43 сочленены оптоволоконным кольцом.

ПС-73 — первая узловая подстанция 150 кВ в ОАО «Апатит», на которой отсутствует постоянный оперативный персонал. При наличии цифровых систем защит технический



Высоковольтные ячейки D-12PT (ПС-73, КРУ-6 кВ)



Терминал защиты 150 кВ (ПС-73)

персонал цеха электроснабжения ОАО «Апатит» перешел на новый, самый современный уровень эксплуатации.

Ввод ПС-73 в эксплуатацию в августе 2008 г. позволил решить две из четырех задач, поставленных перед началом проектирования и строительства:

обеспечить Расвумчоррский рудник дополнительными электрическими мощностями для вентиляторно-калориферной установки, вспомогательного ствола № 2 и дробильно-доставочного комплекса на отм. +425 м; повысить надежность электроснабжения Расвумчоррского и Кировского рудников за счет взаиморезервирования систем 150 и 110 кВ.

Сегодня наступил второй этап — выполнение двух оставшихся задач.

Согласно «Проекту отработки запасов Кировского рудника на период 2004–2025 годов», подготовленному ОАО «Гипроруда», при достижении рудником в 2017 г. производительности 14 млн т руды в год электропотребление возрастет до 355 млн кВт·ч при 231 млн кВт·ч в 2006 г., т. е. увеличится в 1,5 раза. Для обеспечения электроэнергией в проекте предусматривается развитие существующей схемы электроснабжения путем установки на ПС-43 двух трансформаторов на 63 МВА, а на ПС-352 — двух трансформаторов на 40 МВА с реконструкцией ОРУ-35 кВ и КРУ-6 кВ на ПС-43.

Вместе с тем проводить реконструкцию ПС-43 и ПС-352 в условиях работающего рудника не представляется возможным, поэтому вероятней всего проектировщики предложат поиск новых площадок для реконструкции ПС-43 с капитальными вложениями (ориентировочно 500 млн руб.) в строительство новой подстанции.

Службой главного энергетика проработан возможный вариант решения данной проблемы, заключающийся в следующем.

1. В 2008 г. полностью введена в эксплуатацию ПС-73 мощностью 2×40 МВА (см. рис. 2).

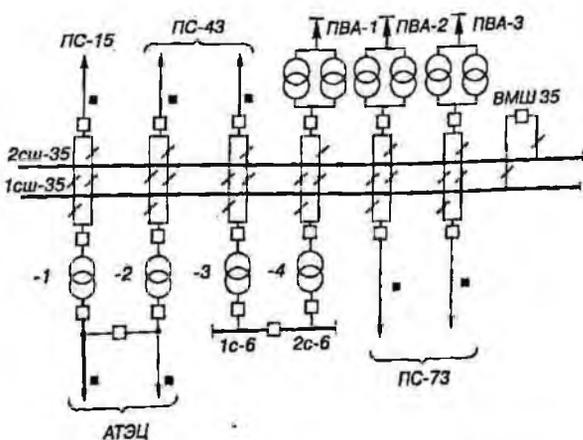


Рис. 3. Схема ОРУ-35 ПС-17 по состоянию на 01.01.2009 г.

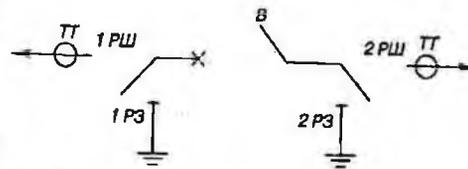


Рис. 4. Структурная схема коммутационного модуля PASS MOO SBB на 35 кВ



Коммутационный модуль PASS MOO SBB

2. Схема ПС-17 (рис. 3) имеет установленные мощности (Т-1, Т-2) 2×25 МВА.

3. В 2009 г. на ОРУ-35 кВ ПС-17, согласно программе модернизации, проведена замена выключателей ВДМ-35, С-35 и ВМУЭ-35, выработавших свой ресурс, на колонковые элегазовые выключатели EDF-35 фирмы АВВ с трансформаторами тока IBM-35 (12 комплектов).

4. В 2008 г. фирмой «Универсал Электрик» выполнен проект реконструкции двух секций 35 кВ с разделением в четыре секции по 35 кВ с помощью секционных элегазовых выключателей на базе ячейки PASS MOO SBB, которые объединяют в едином корпусе два разъединителя, выключатель, два заземляющих разъединителя и трансформаторы тока (рис. 4).

Ячейка PASS серийно выпускается в концерне АВВ с 1998 г. Она представляет собой практически законченное распределительное устройство, в которое входят один, два или три (в зависимости от реализуемой схемы) разъединителя, заземлители, выключатель, датчики тока и напряжения.

5. Проведя в 2010 г. реконструкцию ОРУ-35 кВ на ПС-17, можно всех потребителей площадки «23 км» полностью перевести на питание от ПС-73. Схема ПС-17 представлена на рис. 5.

6. Высвободившуюся мощность 2×25 МВА на ПС-17 можно по линиям ЛК-33 и ЛК-34 передать на ОРУ-35 кВ ПС-43 и с нее запитать ПС-352.

Таким образом существующие мощности ПС-43 полностью смогут удовлетворить нагрузки КРУ-6 кВ с учетом развития Кировского рудника в размере 38,963 МВА, а мощности, передаваемые с ПС-17 на ПС-352, — с учетом развития в размере 42,007 МВА. Капитальные затраты в модернизацию и реконструкцию ОРУ-35 кВ ПС-17 составят около 70 млн руб., что в 7 раз меньше, чем на реконструкцию ПС-43.

Таким образом существующие мощности ПС-43 полностью смогут удовлетворить нагрузки КРУ-6 кВ с учетом развития Кировского рудника в размере 38,963 МВА, а мощности, передаваемые с ПС-17 на ПС-352, — с учетом развития в размере 42,007 МВА. Капитальные затраты в модернизацию и реконструкцию ОРУ-35 кВ ПС-17 составят около 70 млн руб., что в 7 раз меньше, чем на реконструкцию ПС-43.

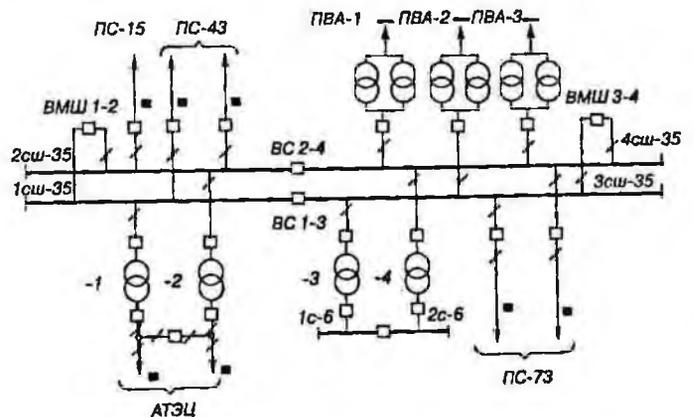


Рис. 5. Будущая схема ОРУ-35 ПС-17 (после завершения реконструкции)

Проектами предусматривалась установка трансформаторов 2х63 МВА на ПС-43, ПС-73 и 2х40 МВА — на ПС-77 и ПС-352, но при вводе в эксплуатацию ПС-73 и выполнении вышеперечисленных этапов модернизации ПС-17 получается, что на ПС-43 и ПС-73 достаточно установить трансформаторы мощностью 2х40 МВА, на ПС-352 — 2х25 МВА и ПС-77 — 2х16 МВА. Таким образом мощность головных трансформаторов может быть сокращена на 170 МВА. Такой результат достигнут за счет взаимоувязки систем 150 и 110 кВ. С вводом ПС-73 на нее переводится вся нагрузка Расвумчоррского и Центрального рудников, площадки «23 км», тяги железнодорожного цеха.

В 2009 г. реконструируется ОРУ-35 кВ ПС-17 с разделением на четыре секции, на двух из которых сосредоточена вышеназванная нагрузка, а две служат для использования мощностей трансформаторов 110 кВ (2х25 МВА) на Кировском руднике для питания ПС-352 через шины ПС-43. Такое решение значительно увеличивает надежность схемы: Кировский рудник получает четыре ввода от двух независимых систем.

В итоге при реализации вышеперечисленных этапов, т. е. с вводом в эксплуатацию подстанции № 73 и модернизацией подстанции № 17 в 2009 г., высвобождаются электрические мощности на Кировском руднике для новых объектов — ГС-2 и ЗВС. При этом исключена сложнейшая реконструкция ПС-43 в условиях действующего Кировского рудника, а также оптимизирована мощность головных трансформаторов ОАО «Апатит» на 170 МВА. □

Горбачев Михаил Владимирович,  
e-mail: M.Gorbachev@apatit.com  
Яблочкин Юрий Васильевич,  
e-mail: J.Yablochkin@apatit.com

**RELIABILITY GROWTH OF AN OUTER ELECTRICAL SUPPLY OF UNDERGROUND MINES**

M. V. Gorbachev, Yu. V. Jablochkin

Stages of modernization and reconstruction of equipment intended for reliable support of an outer electrical supply of underground mines are resulted.

*Key words: underground mines, electrical supply, distributing devices, switching unit, high-voltage unit, high-voltage switches.*

**НАШИ ЮБИЛЯРЫ**



**Евгению Александровичу Котенко**, видному российскому специалисту в области добычи и использования уранового сырья, крупному организатору отечественной горной науки, профессору, доктору технических наук, первому вице-президенту Академии горных наук — **80 лет**.

После окончания с отличием Московского горного института в 1953 г. Е. А. Котенко был направлен в институт ВНИПИПромтехнологии, где занимался проектированием и строительством уранодобывающих рудников в Киргизии, ГДР и Узбекистане. Он сыграл важную роль в освоении минеральных ресурсов Учкудука и Зарафшана, вел там большую научно-исследовательскую работу.

После защиты докторской диссертации в 1984 г. Е. А. Котенко был назначен начальником отдела горно-технологических проблем института, став научным руководителем комплексных тем по созданию новых технологий разработки месторождений радиоактивных, золотосодержащих, полиэлементных руд и кристаллосырья. Результаты исследований легли в основу проектов горнорудных предприятий России, Таджикистана, Украины, Казахстана, Киргизии. Евгений Александрович разработал научно-технические основы создания подземных атомных энергокомплексов, что было отражено в предложениях по строительству АЭС в ряде регионов России и Казахстана.

В 1994 г. Е. А. Котенко был избран вице-президентом Академии горных наук, в этой должности он проработал более 10 лет и активно участвовал в решении крупных методологических проблем, имеющих важное народнохозяйственное значение. При его участии создана «Концепция государственной стратегии обеспечения экологической безопасности недр». В настоящее время Е. А. Котенко трудится в институте ВНИПИПромтехнологии в должности советника, участвует в работе диссертационного совета института.

Евгений Александрович — автор свыше 250 научных трудов, в том числе 8 монографий, а также учебников и учебных пособий; ему принадлежат около 40 изобретений. Научную и организационную работу Е. А. Котенко успешно совмещал с педагогической деятельностью в МГТУ и РГГРУ. Им подготовлены семь кандидатов и пять докторов наук. Заслуги Евгения Александровича Котенко в различных сферах науки и производства получили признание научного сообщества: он, кроме АГН, является действительным членом Российской академии естественных наук, Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы, входит в состав нескольких иностранных академий и научно-технических организаций. Е. А. Котенко — член экспертной группы редколлегии «Горного журнала».

Плодотворная инженерная, научная, педагогическая и общественная деятельность Евгения Александровича отмечена правительственными и отраслевыми наградами: он лауреат Государственной премии СССР, заслуженный изобретатель России, награжден многими медалями, в том числе «Ветеран атомной энергетики и промышленности», удостоен знаков «Шахтерская слава» трех степеней, узбекского знака «Горняцкая слава», почетного знака им. В. Н. Татищева «За пользу Отечеству» и др.

Евгений Александрович сочетает научное творчество с литературным, являясь членом Союза писателей России и автором 33 книг — художественно-документальных повестей, очерков, стихотворений и поэм. Он — почетный гражданин города Ейска, имеет медаль «За выдающийся вклад в развитие Кубани».

Друзья, коллеги, ученики и горная научно-техническая общественность сердечно поздравляют Евгения Александровича Котенко с юбилеем и желают ему крепкого здоровья, дальнейших творческих успехов.

Академия горных наук, ОАО «Атомредметзолото», ИПКОН РАН, ВНИПИПромтехнологии, Новоиыйский горно-металлургический комбинат, Приаргунский горно-химический комбинат, Московский государственный горный университет, Российский государственный геологоразведочный университет, Северо-Кавказский государственный технологический университет, редколлегия и редакция «Горного журнала»

УДК 622.8 (ОАО «Апатит»)

М. А. ЛЮТИН, Ю. И. ЦЕЛИЩЕВ, А. Б. ВОРОНИН (ОАО «Апатит»)

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ АУДИТА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В ОАО «АПАТИТ»



М. А. ЛЮТИН,  
начальник службы  
промышленной  
безопасности  
и охраны труда



Ю. И. ЦЕЛИЩЕВ,  
начальник отдела  
охраны труда



А. Б. ВОРОНИН,  
начальник отдела  
промышленной  
безопасности

логий, повышающих безопасность труда на производстве.

Несмотря на положительные моменты, четко вырисовываются задачи по улучшению ситуации. Система управления безопасностью, как и другие организационные системы, насыщена психологическим содержанием, поскольку основное действующее лицо в ней — человек со своими способностями, интеллектом, мотивацией, личностными особенностями. Все это объединяется в понятие «человеческий фактор» и требует от руко-

водителя вдумчивой, планомерной работы с людьми.

Самой большой трудностью в повышении безопасности труда является преодоление укоренившегося в сознаниях рабочих и многих руководителей представления о том, что травмы являются неотъемлемой частью производственного процесса, и за несколько миллионов тонн руды нужно платить человеческой жизнью.

По-настоящему заботиться о своей и чужой безопасности будут не те, кто опасается наказания, а те, кто ценит себя и своих коллег, кто наделен чувством достоинства, возникающим от удовлетворенности трудом и вознаграждением. Безысходность, ощущение себя «расходным материалом», отсутствие положительной мотивации — плохие союзники в повышении безопасности на предприятии. Следовательно, необходима перестройка системы обеспечения безопасности с ориентацией на людей как основной стратегический ресурс управления.

Такие составляющие, как наблюдение и контроль за безопасностью производственных процессов, должны работать по двум направлениям:

- коррекция поведения работников;
- безопасность оборудования, устройств, технологий.

По своей сути, опасные условия (неудовлетворительное состояние технических устройств, недостатки технологий и конструкций, просчеты в организации работ) являются следствием чьих-то непродуманных и безрассудных действий, а иногда и просто бездействия. Любая система становится более эффективной, если она направлена на устранение причин недостатков, а не на следствия, вызванные этими причинами.

Расследованиям в основном подвергаются происшествия, связанные с травматизмом, инцидентами и авариями. Предпосылки к происшествиям пока еще остаются вне должного внимания.

Аттестация рабочих мест проводится по напряженности труда без анализа частоты воздействия опасного факто-

*Представлены результаты аудита системы управления охраной труда и промышленной безопасностью, проведенного в ОАО «Апатит», позволившие выявить слабые и сильные стороны и наметить пути ее улучшения.*

*Ключевые слова: охрана труда, промышленная безопасность, аудит.*

Безопасность во всех сферах производственной деятельности на таком предприятии, как ОАО «Апатит», всегда являлась задачей номер один. К сожалению, на сегодняшний день на предприятии исчерпаны стандартные методы улучшения состояния охраны труда (ОТ) и промышленной безопасности (ПБ), поэтому было решено провести аудит системы управления охраной труда и промышленной безопасностью.

Аудит выявил факты, которые можно отнести к сильным сторонам деятельности ОАО «Апатит». Руководители высшего звена стремятся к повышению эффективности системы управления ОТ и ПБ. Служба ОТ и ПБ на предприятии и его подразделениях укомплектована высококвалифицированным персоналом. На предприятии трудятся опытные специалисты как среди руководителей, так и рядовых рабочих. При этом проводится профессиональная подготовка, включающая обязательное обучение для всех категорий работников. Теоретическое обучение сопровождается практикой на учебном полигоне и рабочих местах. Подготовку проводят опытные преподаватели, в том числе и производственники. Программы обучения составляются с учетом специфики изучаемой дисциплины и утверждаются техническим директором, при необходимости согласовываются с региональным органом Федерального горного и промышленного надзора России.

Несомненным достоинством является поэтапное переоснащение предприятия техникой и современным оборудованием, а также внедрение передового опыта и техно-

ра или факторов, тяжести возможных последствий и вероятности происшествия. В результате выводы комиссии могут использоваться лишь как основа для разработки мероприятий, направленных на снижение напряженности труда.

При выборе превентивных и защитных мер предпочтение отдается разработке процедур, инструкций и правил, т. е. тем мерам, которые по своей эффективности находятся на последних местах.

Следует подчеркнуть, что улучшение системы управления охраны труда и промышленной безопасностью предусматривает действия, выходящие за рамки требований нормативных документов. Чрезвычайно серьезной задачей для ОАО «Апатит» будет переориентация методов управления безопасностью от простого соблюдения законодательных норм к активным программам предотвращения травм и происшествий. Необходимо поэтапно создать организационную структуру под непосредственным руководством генерального директора для эффективной реализации программ по промышленной безопасности, охране здоровья персонала и защите окружающей среды. При этом целесообразно передать контролирующие и управленческие функции по безопасности линейной организации с одновременным повышением статуса руководителей младшего звена как категории руководителей, наиболее приближенной к рабочим. Высокие требования к мастерам должны опираться на прочный фундамент средств положительной мотивации.

Для каждого подразделения, отдела, службы необходимо установить цели и задачи по безопасности, на основании которых руководители всех уровней разрабатывают индивидуальные цели и способы их достижения. Выполнение поставленных задач и достижение целей может служить основанием для повышения сотрудника в должности или увеличения вознаграждения за труд.

Особое внимание стоит уделить разработке и внедрению положения о внутренних детальных расследованиях происшествий и их предпосылок. Главная цель таких расследований — не поиск виновных и распределение ответственности, а предотвращение повторения через устранение сбоев в системах управления.

Отдельная программа касается обучения специалистов методам оценки рисков. Нужно провести оценку рисков на опасных производственных объектах и разработать стандарты безопасности по результатам оценки. Между безопасностью и работником должно быть, как минимум, три степени защиты.

Что касается топ-менеджеров, то необходимо провести обучение руководителей всех уровней по программе интерактивной системы поведенческих аудитов, являющейся практическим выражением приверженности безопасному поведению.

Для характеристики уровня безопасности подразделений и всей организации в целом стоит использовать большой перечень (по сравнению с сегодняшним положением) количественных показателей безопасности.

Модернизация системы управления безопасностью является серьезным организационным изменением, которое может носить весьма болезненный характер. Для того чтобы избежать управленческих ошибок, напрасной траты ресурсов необходимо соблюдать восемь этапов процесса реорганизации. Несмотря на то, что любой из этапов нор-

мально действует в составных фазах только один раз, пропуск даже одного шага или слишком быстрое продвижение вперед без прочной базы почти всегда создает проблемы и ожидаемое изменение в степени опасности. Ниже перечислены этапы процесса изменений.

- К началу модернизации системы у большинства руководителей и персонала должно сложиться достаточное понимание необходимости перемен.

- Коренные преобразования только тогда станут возможными, когда тщательно подобранную команду реформаторов поведет за собой руководитель предприятия. Такая группа должна быть сильна своим служебным положением, доступом к информации, уровнем компетенции, репутацией, связями и способностью руководить. Все они должны быть активными сторонниками идеи совершенствования, способными работать вместе как единая команда.

- Формирование реалистического видения задач трансформации — взаимосвязанных промежуточных и конечных целей. Представить и сформулировать будущее — необходимое условие в осуществлении полезных преобразований, поскольку это помогает направлять, ставить задачи и заинтересовывать множество людей.

- Широкая пропаганда образа будущего. Без надежной системы достаточно подробного информирования овладеть сердцами и умами сотрудников не удастся никогда. Такая система должна предусматривать встречи высшего уровня руководства с рабочими коллективами для популяризации программы, для руководителей среднего и младшего звена — проведение разъяснительной работы, о предстоящих изменениях должны сообщать информационные бюллетени и письма. Агитация за перемены проводится словом и делом. Сила воздействия живого примера наиболее велика. Ничто не дискредитирует идею реформирования сильнее, чем поступки ответственных работников, противоречащие тому, что они проповедают на словах.

- Модернизация системы управления безопасностью потребует затраты времени. При проведении сложной работы по изменению структуры существует риск потерять темп преобразований, если одновременно не ставить краткосрочные задачи, дающие быстрые осязаемые результаты, которые следует предавать широкой гласности, а люди, обеспечившие их достижение, должны получать признание, повышение по службе или премиальные выплаты.

- Закрепление достигнутых результатов и дальнейшее совершенствование. Значительные изменения часто требуют длительного времени, особенно в крупных организациях. Многие факторы способны остановить этот процесс задолго до его окончания. Если возникнет благодушие, силы оппозиции могут поразительно быстро одержать верх.

- Укоренение изменений в корпоративной культуре. Для этого нужно продемонстрировать людям, как перемены в мышлении и поведении улучшили работу предприятия. Если предоставить людей самим себе и не раскрыть истинного значения перемен, то работники, весьма вероятно, придут к ошибочным умозаключениям.

- Кроме того, необходимо время, достаточное, чтобы сформировалось следующее поколение управленцев, олицетворяющее новые подходы. Довольно одной оплошности, одного отступления от преемственности при смене руководителя организации, чтобы многие годы упорной работы пошли насмарку. Неправильные решения при назначении

руководителя организации возможны в тех случаях, когда Совет директоров стоит в стороне от реформ. ■

Лютин Михаил Анатольевич,  
e-mail: MLutin@apatit.com,  
Целищев Юрий Иванович,  
e-mail: YTselishev@apatit.com,  
Воронин Александр Борисович,  
e-mail: avoronin@apatit.com

**THE ANALYSIS OF RESULTS OF AUDIT OF MANAGEMENT SYSTEM OF LABOUR PROTECTION AND INDUSTRIAL SAFETY AT JSC "APATITE"**

Lyutin M. A., Tselishev Yu. I., Voronin A. B.  
Results of Audit of management system of labour protection and industrial safety, spent at JSC "Apatite" allowed to educe its strong and weak features and to indicate methods of its improvement are presented

**Key words:** labour protection, industrial safety, audit, control systems, modernization, personnel training.

**Петербургскому институту «Механобр» — 90 лет**

В феврале 2010 г. институт «Механобр» отметил свой юбилей. 90 лет назад — 7 февраля 1920 г. — было подписано Постановление Высшего совета народного хозяйства РСФСР об образовании института на базе одноименной частной фирмы, существовавшей с 1916 г.

За прошедшие годы институт внес значительный вклад в развитие минерально-сырьевого производства в период индустриализации, спроектировал и построил сотни крупнейших предприятий горно-металлургической и химической промышленности в России и странах СНГ, в том числе Магнитогорский, Западно-Сибирский и Кузнецкий металлургические, Норильский и Алмалыкский горно-металлургические комбинаты, АК «АЛРОСА» и десятки предприятий за рубежом — в Алжире, Индии, Ираке, Иране, Китае, Марокко, Югославии, Болгарии, Монголии, Вьетнаме и других странах.

Одновременно все эти годы институт «Механобр» укреплялся и развивался как научно-технологический центр, а также центр по созданию нового оборудования и машин для переработки минерального и техногенного сырья. Сегодня технологии и машины, разработанные специалистами Механобра, экспортируются во многие страны мира.

В годы глобальных экономических реформ организационно-правовая форма Механобра изменилась — он был привати-

зирован и преобразован в открытое акционерное общество. Сегодня основные виды его научно-технической деятельности сосредоточены в ЗАО «Механобр-Инжиниринг» и в НПК «Механобр-техника» — компаниях, которым уже почти по 20 лет. Бренды этих компаний также стали хорошо известны и ассоциируются с инновационным развитием.

Компаниям удалось сохранить и преумножить кадры и достижения института «Механобр». Они продолжают реализовывать новейшие технологии и разработки не только в сырьевых отраслях, но и в экологии, природоохранных технологиях, строительной индустрии и альтернативной энергетике.

Кроме того, в корпорации «Механобр-техника» действует уникальный некоммерческий научно-образовательный центр, в котором совместно с крупнейшими петербургскими университетами реализуются программы подготовки инновационно-ориентированных научных и инженерных кадров для ключевых отраслей народного хозяйства.

Разработки Механобра удостоены в 2002–2009 гг. высших наград престижных международных инновационных салонов.

piar@npk-mt.spb.ru

**НАШИ ЮБИЛЯРЫ**



**Исполняется 75 лет Юрию Васильевичу Демидову** — известному ученому в области подземной и комбинированной разработки рудных месторождений, доктору технических наук, профессору, действительному члену Академии горных наук и Российской академии естественных наук, лауреату премии Совета министров СССР, советнику директора Кировского филиала ЗАО «ФосАгро АГ» — генерального директора ОАО «Апатит».

После окончания Ленинградского горного института в 1959 г. Ю. В. Демидов был направлен на комбинат «Апатит», где прошел путь от горного мастера до первого заместителя главного инженера управления ПО «Апатит».

В 1981 г. Юрий Васильевич был приглашен на работу в Горный институт КНЦ РАН. Будучи научным руководителем ряда работ по изысканию высокоэффективной технологии подземных работ в условиях повышенного горного давления и по развитию теоретических основ проектирования подземной и комбинированной разработки рудных месторождений в условиях Севера, Ю. В. Демидов выдвинул и обосновал новые решения в теории и практике подземной разработки мощных рудных месторождений, позволяющие значительно повысить интенсивность и безопасность в тектонически-напряженных удароопасных массивах, предложил новые технологические схемы эффективного перехода с открытого способа разработки на подземный, создал классификацию систем комбинированной разработки и обосновал эффективные схемы вскрытия при совместной отработке мощных рудных месторождений.

В 2005 г. Ю. В. Демидов начал работать в ЗАО «ФосАгро АГ». В этот период им были предложены варианты перспективного развития ОАО «Апатит», разработана транспортная схема выдачи руды с нижних горизонтов Расвумчоррского рудника с использованием передвижных малогабаритных дробилок и ленточных конвейеров.

Свою научную деятельность Юрий Васильевич успешно сочетал с педагогической. Он читал лекции в филиалах Санкт-Петербургского государственного горного института, Петрозаводского государственного университета, постоянно участвовал в работе ГЭКа, являясь ее председателем.

Ю. В. Демидов является автором более 250 научных публикаций, в том числе трех монографий, 20 авторских свидетельств и патентов. Работы Ю. В. Демидова неоднократно демонстрировались на ВДНХ, а их автор награжден золотой, серебряной и бронзовой медалями. Заслуги Ю. В. Демидова отмечены правительственными наградами и ведомственными знаками отличия, он полный кавалер почетного знака «Шахтерская слава».

Горнотехническая общественность поздравляет Юрия Васильевича с юбилеем и желает ему доброго здоровья и дальнейших творческих успехов в работе.

ЗАО «ФосАгро АГ», ОАО «Апатит»,  
Академия горных наук, ОАО «Гипроруда»,  
редколлегия и редакция «Горного журнала»

УДК 622.85:574.42

Г. В. КАЛАБИН (Государственный геологический музей РАН)  
 Г. А. ЕВДОКИМОВА (Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН)  
 В. И. ГОРНЫЙ (НИЦ экологической безопасности РАН)

## ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ПРОЦЕССЕ СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМБИНАТА «СЕВЕРНИКЕЛЬ» НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ\*



Г. В. КАЛАБИН,  
 главный научный сотрудник,  
 проф., д-р техн. наук



Г. А. ЕВДОКИМОВА,  
 проф., д-р биол. наук



В. И. ГОРНЫЙ,  
 канд. геол.-минерал. наук

Кумужье были открыты богатые сульфидные руды, которые сначала разрабатывали открытым способом, а затем — подземным [3]. В 1938 г. вступил в строй медно-никелевый комбинат, в 1939 г. был получен первый огневой товарный никель. В 1950 г. достигнута проектная мощность по производству катодного никеля, начат выпуск никеля высшего качества и металлического кобальта. Максимальный уровень

выбросов в атмосферу (более 220 тыс. т/год) отмечался по сернистому ангидриду в 1982–1984 гг., по тяжелым металлам (более 12 тыс. т/год) — в 1986–1987 гг. Предприятие одним из первых в стране в 1987 г. ввело в эксплуатацию мощности по производству серной кислоты из отходящих газов пирометаллургического цеха, что позволило резко сократить выбросы окислов серы в атмосферу. В связи с истощением собственной рудной базы с середины 1970-х годов комбинат стал работать на руде, доставляемой по Северному морскому пути из Норильска. В конце прошлого века ОАО «Комбинат «Североникель» обеспечивал производство 43 % никеля, около 15 % меди, более 40 % кобальта и металлов платиновой группы в России.

Период 1990–1996 гг. в целом характеризуется снижением технико-экономических показателей: падение производства основных видов продукции составило по никелю 41 %, меди — 3, кобальту — 49, серной кислоте — 65 %. Отсутствие собственной сырьевой базы на фоне последствий мирового экономического кризиса стимулировало выход на более высокий передел тех металлов, которые комбинат получал ранее. Так, в 2001 г. закончено строительство цеха безотходного производства электролитной меди, что позволило практически полностью прекратить сброс отходов в оз. Имандра. Все жидкие отходы, содержащие цветные и редкие металлы, идут теперь на переработку; планируется отказаться от плавки никеля и перейти на новую технологию брикетирования; в ближайшее время будет введен в действие участок по производству сухого карбоната кобальта.

В настоящее время «Североникель» перерабатывает фэйнштейн, поступающий от комбината «Печенганикель», а также значительное количество вторичных материалов (отечественных и зарубежных поставщиков), содержащих цветные и благородные металлы. Комбинат выпускает 12 видов

*Представлены результаты экологических исследований, подтверждающие на примере территории Мончегорского района позицию авторов о наличии значительных резервов природных экосистем для их самовосстановления после существенного сокращения техногенной нагрузки от многолетней производственной деятельности горно-металлургических комплексов.*

**Ключевые слова:** природные экосистемы, техногенные нагрузки, сульфидные руды, тяжелые металлы, загрязнение почв.

Анализ состояния окружающей природной среды в районах размещения крупных горнопромышленных и металлургических комплексов России показал, что возможности устойчивого функционирования природных экосистем в условиях многолетних техногенных нагрузок недостаточно изучены и намного превосходят пределы, которые определены существующими уровнями воздействия. Поэтому при планировании природовосстановительных мероприятий необходимо учитывать естественные возможности природных экосистем к самовосстановлению, что позволит оптимизировать затраты на их реабилитацию [1].

Мончегорский рудный район, в пределах которого залегает известный расслоенный Мончегорский интрузивный массив (Мончеплутон), расположен в центральной части Кольского полуострова, занимая северо-восточное побережье оз. Имандра. Он является уникальным из-за сложности своего строения и многообразия типов месторождений сульфидных руд [2], которые в довоенные и послевоенные годы были одним из главных в СССР поставщиков никеля и кобальта. История промышленного освоения Мончеплутона начинается в 1930 г., когда здесь были обнаружены вкрапленные и гнездовые медно-никелевые руды. Позднее, в 1933 г., на горах Ниттис и

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 09-05-00467.

продукции: никель электролит-ный, никелевый карбонильный порошок и никелевая карбонильная дробь, медь электролизная, концентраты драгоценных металлов, серная кислота и др. Он является градообразующим предприятием, обеспечивающим жизнедеятельность населения г. Мончегорска численностью более 50 тыс. чел. В 1996 г. численность работающих на комбинате составляла более 12 тыс. человек.

Во всем мире производственная деятельность горно-металлургических предприятий цветной металлургии связана с экстремальным негативным воздействием на окружающую природную среду. Не стал исключением и комбинат «Североникель»: негативные эффекты влияния высоких техногенных нагрузок обнаружены во всех экосистемах центральной части Кольского полуострова и особенно на территории Мончегорского района (рис. 1) [4, 5]. Однако реализуемая с 1998 г. программа по снижению выбросов сернистого ангидрида и совершенствование технологии производства и состава сырья при некотором сокращении объемов

Таблица 1. Динамика вредных выбросов в атмосферу и сбросов в водоемы от производственной деятельности комбината «Североникель»

Показатели	Год											
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Выпуск металлов, % к уровню 1980 г.	178	178	142	104	115	122	108	150	148	137	130	130
Выбросы SO <sub>2</sub> , тыс. т/год	196	190	145	98	129	110	140	88	46	45	43,5	43,5
Выбросы твердых веществ, т/год	15,4	14,1	12,5	10,2	8,4	7,7	8,1	7,2	6,0	5,4	н/д	н/д
Сброс Ni, Си, Со сточными водами, т/год	147	84	94	54	46	54	44	32	33	21	н/д	н/д

выпуска готовой продукции позволили существенно сократить выбросы газа и пыли в атмосферу, а также сбросы тяжелых металлов в природные водоемы (табл. 1). В настоящее время на комбинате «Североникель» практически все сточные воды перед сбросом подвергают очистке. Благодаря внедрению в 1994 г. схемы известкования общего стока объемы очистки сточных вод увеличились с 26 до 100 %. В 2001 г. сброс недостаточно очищенных сточных вод составил 15,5 млн м<sup>3</sup>, сбрасываемых без очистки — 0,8 млн м<sup>3</sup> [6].

Для анализа процесса самовосстановления растительного покрова в результате снижения нагрузки в зоне влияния комбината «Североникель» использованы космоснимки со спутников Landcat TM, полученные в течение 1978–2005 гг. Для оценки динамики растительного покрова выбрана наиболее нарушенная территория, вытянутая на 28 км вдоль преобладающей розы ветров и 16 км в поперечнике (юго-западное, южное и юго-восточное направления в осенне-зимний период с повторяемостью 24–26 %). Исследуемая территория выбрана с таким расчетом, чтобы источник загрязнения атмосферы (заводские трубы) оказался в центре (обозначен звездой на рис. 2). Продольный размер территории определен, исходя из максимальной величины осаждения органической пыли при высоте трубы 100 м; поперечный — исходя из расстояния между двумя горными массивами (Ниттис и Сопча), которые формируют направленные приземные воздушные потоки, набегающие на промплощадку и определяющие перенос и выпадение загрязняющих веществ на холмистой равнине. Изучаемая территория характеризуется сложным рельефом: разновысотными платообразными горными массивами, крупнейшим из которых является Мончетундра (655 м); обилием малых и больших озер, которые соединены между собой протоками, впадающими в оз. Имандра — самый крупный естественный водоем Кольского полуострова. Горные массивы практически лишены растительности. Исследуемая территория охватывает несколько зон (этапов) деградационной сукцессии (техногенной трансформации) в обе стороны от источника загрязнения.

**Импактная зона (техногенная пустошь).** Кроме собственно промышленной площадки, зона пустоши длиной 4,5 км и шириной 2,5–3 км сформировалась к северу от нее и на перемычке озер Мончеозеро и Кутыр смыкается с территорией горелого леса (6–7 км). Практически на всей этой территории растения отсутствуют и только на увлажненных участках встречаются злаки. Береза, ива, вороника единичны. Здесь восстановительные сукцессии (противоположные деградационным) невозможны без вмешательства человека.

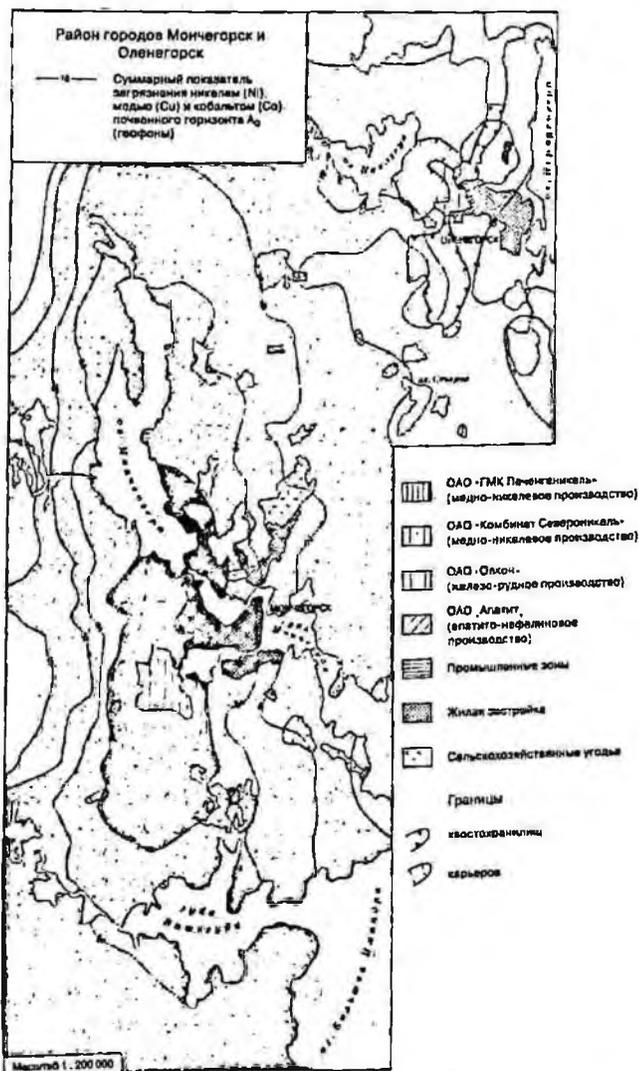


Рис. 1. Степень загрязнения почв тяжелыми металлами (никель, медь, кобальт) в Мончегорском районе («Экологический атлас Мурманской области» [5]): от очень высокой (> 128 геофонов) — самый темный фон, до высокой (32–128), средней (16–32) и низкой (8–16) — соответственно более светлые фоны



Рис. 2. Детальный космоснимок исследуемой территории влияния деятельности комбината «Североникель» на окружающую природную среду

**Зона редколесья с пустошами** (3–6 км) сформировалась к северо-востоку от промплощадки и простирается до Мончегубы. Из древесных растений здесь преобладает береза, встречаются ива и рябина, пятна злаков и вороники; значительная площадь (более 50 %) не покрыта растениями почвенного покрова и органом горизонтом (пустошь). Часть территории способна интенсифицировать процессы восстановительной сукцессии на увлажненных участках редколесья после снижения техногенной нагрузки и является предметом дальнейших исследований.

**Зона редколесья** (5–8 км) сформировалась на большой территории за Мончегубой. Здесь отмечается активное выщелачивание элементов питания и накопление поллютантов, живые деревья ели единичны, в древесном ярусе доминирует береза, в напочвенном покрове преобладают злаки и вороника, формируются участки, не покрытые растительностью, но, как правило, с сохранившимся органом горизонтом (обедненным элементами питания), где отмечается растительность. Территория перспективна для интенсификации восстановительной сукцессии после снижения техногенной нагрузки и является предметом дальнейших исследований.

**Зона интенсивной дефолиации** (8–20 км). Здесь отмечаются замедленные процессы выщелачивания элементов питания и накопление поллютантов, дисбаланс в поглощении элементов питания (Ca, Mg, Mn) растениями в хвое еловых и сосновых лесов снижается, а концентрация тяжелых металлов растет. Наблюдаются деформации ели, выпадение зеленых мхов, распространение злаков

и вороники. Далее следует **зона затухающей дефолиации** (более 20 км), где отмечаются процессы биогенного кислотообразования, дефолиация ели за счет многолетней хвои, частичное выпадение зеленых мхов.

Кроме того, выделена зона, где хвойные леса погибли вследствие пожаров (последний из них зафиксирован 17 лет назад). Эта зона охватывает территорию к северу от промплощадки и далее идет вдоль западной стороны автодороги Санкт-Петербург — Мурманск. Анализ состояния растительности на этой территории показал, что внешние признаки восстановительных процессов здесь пока не обнаружены. Отдельно выделена также зона городской застройки, где на протяжении всего периода строительства и эксплуатации горно-металлургического комплекса проводилась активная работа по озеленению и поддержанию естественных парковых зон г. Мончегорска.

С целью оценки динамики естественного восстановления растительного покрова на изучаемой территории использована методика определения нормализованного вегетационного индекса (НВИ) во времени по данным космических снимков, который характеризует объем биомассы, приходящийся на единицу площади. С использованием ГИС-технологии на космоснимках выделены и околонтурены территории, покрытые естественной растительностью, и исключены горные районы, лесные пожарища, промплощадка комбината, городские застройки. Для околонтуренной области проведены расчеты многолетних (1978–2005 гг.) вариаций НВИ с большим объемом выборки — около 370 тыс.

Анализ полученных данных (рис. 3) показал, что первые, очень слабые признаки интенсивности роста биомассы в вегетационный период отмечаются в 2000 г. В этот период выбросы  $SO_2$  составляли 45 тыс. т в год, твердых веществ, включая тяжелые металлы, — 5,4 тыс. т в год. Минимальная интенсивность процессов вегетации отмечается в 1978 г., когда выбросы достигли максимальной за всю историю существования комбината «Североникель» величины (213 тыс. т  $SO_2$ ) и сохранялись на этом уровне с небольшими отклонениями до 1998 г. С этого периода на комбинате начался спад производства и, как следствие, резко снизились выбросы вредных веществ в атмосферу: в 1989 г. в 2,5 раза, в 1999 г. — в 4,5, однако только 2002 г. можно считать началом проявления положительной тенденции интенсификации процессов вегетации.

Проведенные в 2007 г. исследования по определению фитотоксичности почвы и ее способности к самовосстановлению показали, что на всех стационарных площадках (в 5, 15 и 50 км от источника выбросов) выявлена тенденция снижения кислотности почвы, обусловленная, с одной стороны,

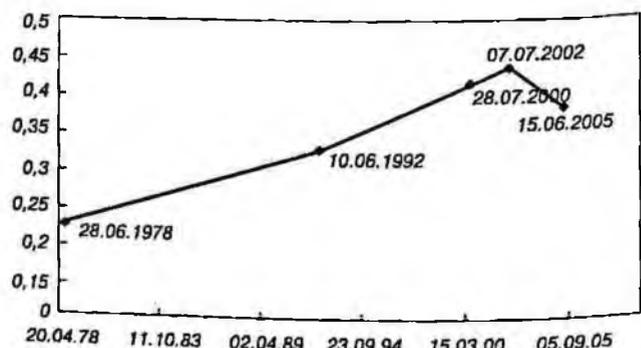


Рис. 3. Многолетние вариации NDVI в районе г. Мончегорска

Таблица 2. Оценка степени фитотоксичности почв

Зона наблюдений	Расстояние от источника, км	Ca + Mg, мг/кг	Si, мг/кг	Ni, мг/кг	Ca + Mg/Cu	Ca + Mg/Ni
1980-е годы						
Импактная	5	6558	1313	2031	5	3
Буферная	15	4049	498	1039	8	4
Фоновая	50	4536	62	114	73	40
2007 год						
Импактная	5	3461	913	1205	4	3
Буферная	15	4976	389	400	13	12
Фоновая	50	5071	86	77	59	66

сокращением выбросов сернистого газа, с другой — возрастом содержания обменных кальция и магния, выпадающих на почву с промышленной пылью.

В 1980-х годах загрязнение почвы соединениями меди и никеля в сфере воздействия комбината «Североникель» возросло относительно 1970-х годов как в импактной, так и в буферной зоне, т. е. на расстоянии по крайней мере 15–17 км. В 2007 г. количество меди в среднем снизилось в импактной зоне в 1,5 раза, в буферной — в 3,5, а никеля — в 2 и 6 раз соответственно.

В данном исследовании авторы использовали также физико-химический критерий, оценивающий состояние и возможность восстановления наземных экосистем [7]. Материалы полевых опытов свидетельствуют о значительном влиянии ионов кальция на биогенную миграцию меди и никеля из почвы в растения. Отношение содержания обменных кальция и магния (мг/кг) к содержанию тяжелых металлов в почве (мг/кг) предложено в качестве критерия оценки степени фитотоксичности почв. Разработанная шкала позволяет оценить степень загрязнения почв металлами и возможное поступление их в растения в количествах, превышающих допустимые нормы.

В 1980-х годах почвы импактной (в 5 км от комбината) и буферной (в 15 км) зон отнесены по этой шкале к сильно-токсичным. В начале нынешнего столетия почвы стационарных участков по степени их фитотоксичности и способности к самовосстановлению характеризовались следующим образом: почвы импактной зоны по-прежнему остались в группе сильнотоксичных, а почвы буферной зоны перешли в разряд слаботоксичных, т. е. их фитотоксичность снизилась (табл. 2). Микробиологический способ определения содержания меди в среде, а следовательно, и токсичности среды для биоты также может быть использован для первичной оценки этих показателей.

В заключение следует отметить, что результаты исследований подтверждают состоятельность суждений авторов о наличии значительных резервов природных экосистем для самовосстановления в условиях действующих производств, но при непереносимом условии значительного сокращения техногенной нагрузки. Эти процессы необходимо учитывать при планировании природовосстановительных мероприятий, что позволит оптимизировать затраты в процессе восстановления нарушенных природных экосистем. Так, в условиях комбината «Североникель» отмечен положительный тренд роста НВИ, что подтверждается снижением загрязненности почв за счет естественных процессов вымывания.

В условиях Севера для реабилитации растительности требуется более длительный, чем ранее представлялось, период времени после снижения нагрузки. Вместе с тем процесс очистки почв от загрязняющих веществ за счет их вымывания и биогенной миграции в растения идет более интенсивно, чем рост вегетационного индекса, о чем свидетельствуют постоянно высокие концентрации тяжелых металлов в акватории оз. Имандра, примыкающей к комбинату «Североникель». Наблюдения необходимо продолжить, повторяя эксперимент каждые три года, чтобы зафиксировать период самореабилитации загрязненных почв и, как следствие, установить временную точку роста биомассы. После наступления периода самореабилитации почв можно приступать к реализации комплекса агротехнических приемов с целью интенсификации естественных процессов самовосстановления растительности и таким образом добиться максимальной эффективности, оптимизировать материальные и финансовые затраты.

Библиографический список

1. Калабин Г. В. Методологические подходы к оценке реабилитации нарушенных территорий горнопромышленных центров // Горный журнал. — 2009. — № 10.
2. Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района. Ч. 1 — Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2004.
3. Поздняков В. Я. Страницы истории комбината «Североникель». — М. : Руда и Металлы, 1999.
4. Экологический атлас Мурманской области / под ред. Г. В. Калабина. — М. : Изд-во МГУ, 1999.
5. Евдокимова Г. А., Мозгова Н. П. Биоразнообразие почвенной биоты как фактор устойчивости почв к загрязнению : тезисы всесоюз. совещ. «Антропогенное воздействие на природу Севера и его экологические последствия», 1988 — Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1998.
6. Состояние окружающей природной среды Мурманской области на Кольском полуострове в 2001 году : отчет Комитета природных ресурсов по Мурманской области. — 2002.
7. Евдокимова Г. А. Эколого-микробиологические основы охраны почв Крайнего Севера. — Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1995. □

Калабин Геннадий Валерианович,  
тел.: (495) 774-42-59  
Евдокимова Галина Андреевна,  
e-mail: galena@iner.ksc.ru  
Горный Виктор Иванович,  
e-mail: img@at1895.spb.edu

ESTIMATION OF DYNAMICS OF GROWS OF DERELICT LANDS IN PROCESS OF DELETERIOUS EFFECT DECREASE OF OJSC "SEVERONICKEL COMBINE" ON ENVIRONMENT  
Kalabin G. V., Evdokimova G. A., Gorniy V. I.  
The results of ecological researches confirming on an example of Monchegorsk area a position of authors about presence of considerable reserves of natural ecosystems for their self-regeneration after essential reduction of development pressure from long-term industrial activity of mining-metallurgical complexes are presented.

Key words: natural ecosystems, development pressure, sulphidic ores, heavy metals, pollution of soils.

УДК 622.882

Ю. А. МАМАЕВ, Л. Т. КРУПСКАЯ, Ю. А. ОЗАРЯН (ИГД ДВО РАН)

## К ВОПРОСУ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ\*



Ю. А. МАМАЕВ,  
главный научный сотрудник,  
проф., д-р техн. наук



Л. Т. КРУПСКАЯ,  
зав. лабораторией,  
д-р биол. наук



Ю. А. ОЗАРЯН,  
младший  
научный сотрудник

*Рассмотрены основные экологические проблемы освоения строительного сырья на примере ОАО «Корфовский каменный карьер». Для обеспечения экологической устойчивости природной среды рекомендованы мероприятия по воспроизводству продуктивности земель, нарушенных добычей гранодиорита, и пылеподавлению, организации горно-экологического контроля за изменениями экосистем и здоровья населения.*

**Ключевые слова:** техногенный ландшафт, оптимизация, рекультивация, нарушение земель, экология, строительное сырье, охрана окружающей среды.

ОАО «Корфовский каменный карьер» — одно из крупнейших горных предприятий Дальнего Востока, добывающих гранодиорит открытым способом. Как и любое горнодобывающее производство, данный карьер является активным источником негативного воздействия на базовые компоненты окружающей среды: в процессе горных работ из оборота изымаются продуктивные земли; мощное техногенное воздействие испытывает почвенно-растительный покров; образуется карьерная выемка глубиной более 100 м. Все это приводит к значительному изменению гидрогеологических условий и ландшафта в районе разработки. Положение усугубляется и тем, что Корфовский карьер находится рядом с Большехецирским заповедником. В связи с этим цель проводимых авторами данной статьи исследований заключалась в изучении экологических проблем в регионе, оценке влияния процессов добычи строительного сырья на природные системы и разработке предложений по обеспечению их экологической и социальной безопасности.

Основными подразделениями ОАО «Корфовский каменный карьер» являются: горный цех, где производится добыча полезного ископаемого, и дробильно-сортировочные участки (ДСУ), предназначенные для

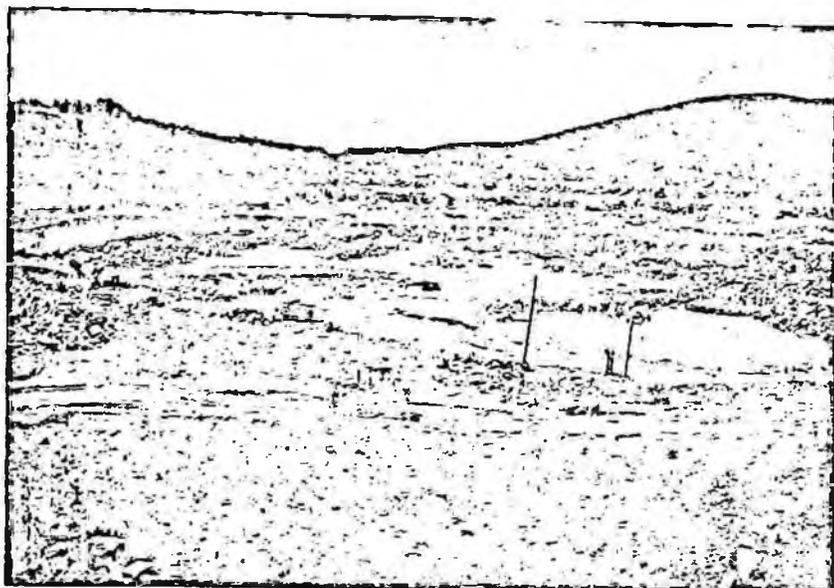
переработки камня на щебень. Выемочно-погрузочные работы в карьере осуществляются с применением экскаваторов ЭКГ-5А и Э-2503 с ковшами вместимостью 5 и 2,5 м<sup>3</sup> соответственно. Транспортирование добытого гранодиорита на ДСУ осуществляется с помощью самосвалов БелАЗ грузоподъемностью 30 т. Помимо основных процессов, в карьере ведутся вспомогательные работы по ремонту и содержанию карьерных автодорог и оборудования, подготовке рабочих мест и площадок, ликвидации нависей, доставке запасных частей и материалов. Площадь горного отвода ОАО «Корфовский каменный карьер» — 142,2 га; в настоящее время площадь земель, нарушенных горными работами, составляет 110 га, в том числе под отвалами вскрышных пород занято 21,6 га.

Отработка Корфовского месторождения осуществляется валовым способом, в результате чего происходит практически полное разрушение ландшафта, частичное погребение почв под отвалами и перемещение на земную поверхность пустых и вмещающих пород.

Установлено, что горные работы оказывают разрушающее действие на биоту и почвенный покров, способствуют загрязнению грунтовых вод и поверхностных водоемов различными вредными веществами, атмосферы — газопылевыми выбросами. Основными источниками загрязняющих веществ являются буровзрывные работы, дробильно-сортировочные участки, двигатели внутреннего сгорания технологического транспорта, применяемого при выемке и погрузке, а также отвалообразование. Ведение буровзрывных работ и переработка добытого камня на ДСУ сопровождается образованием мелкодифракционной пыли, которая, попадая в организм человека, оказывает на него фиброгенное воздействие, вызывая раздражение верхних дыхательных путей, слизистой оболочки глаз, кожи, и в большинстве случаев способствует возникновению такого заболевания, как силикоз.

Выявлено, что добычные работы на Корфовском карьере значительно изменили гидрогеологический режим в районе разработок. Кроме того, различного

\* В работе принимала участие инженер ИГД ДВО РАН Т. А. Кошелева.



Панорама Корфовского каменного карьера

рода экологические нарушения, вызванные горными работами, влекут за собой изменение условий жизнеобитания в пределах горного отвода и прилегающих к нему территорий. В результате снижаются биологическая продуктивность нарушенных земель и комфортность среды обитания различных живых организмов. Быстрое разрушение биологического экрана, выполняющего своего рода защитную функцию, способствует активизации негативных процессов, в том числе ускоренной водной и ветровой эрозии и геохимического загрязнения. Согласно проведенным исследованиям, ущерб, нанесенный производством земельному фонду, оценивается в более чем 100 млн руб.

Следствием широкомасштабного негативного воздействия данного карьера на компоненты биосферы является непредвиденное и опасное нарушение экологического равновесия. Экологическая ситуация в районе разработки оценивается как критическая.

Решить возникшие проблемы можно только путем выполнения комплексного всестороннего подхода к процессу природопользования. Исходя из принципа разумной достаточности, процесс использования природных ресурсов в горном производстве целесообразно рассматривать как единство трех составляющих: собственно природопользования, природовосстановления и природоохранной деятельности.

Для обеспечения экологической и социальной безопасности земель, нарушенных горными работами, необходимо организовать горно-экологический контроль за состоянием здоровья населения и изменениями экосистем и разработать метод рекультивации территорий, основанный на:

учете природно-климатических условий и экологического потенциала территории;

изучении современного состояния техногенных экосистем и морфометрической характеристики горного объекта;

обеспечении устойчивости природной среды и комфортной среды обитания (газовый и пылевой режим воздушного бассейна);  
восстановлении не только продуктивности, но и гидрологического и гидрогеологического режима нарушенных земель;

определении направления использования нарушенных земель и оценке экономической эффективности разрабатываемого способа рекультивации;

соответствии рекультивационных мероприятий правилам инженерной и экологической безопасности;

организации горно-экологического мониторинга.

Учитывая вышеизложенное, авторами данной статьи был разработан комплекс природоохранных мероприятий, включающий метод рекультивации карьерной выемки и отвалов вскрышных пород и отсева, в основу которого положен учет следующих

критериев: уровня токсичности горных пород, характера техногенного ландшафта, глубины карьеров, показателей устойчивости бортов, уступов карьера и откосов отвалов, развитости транспортной инфраструктуры, близости краевого центра (г. Хабаровск).

По мнению авторов статьи, для обеспечения экологической устойчивости природной среды при освоении месторождений строительного сырья необходимо внедрение различных технологических и технических решений, а именно: рекультивация природной среды, пылеподавление и оздоровление воздушной среды, восстановление гидрорежима, совершенствование законодательной базы и ужесточение контроля в области охраны окружающей среды в зоне влияния горного предприятия. □

Мамаев Юрий Алексеевич,  
e-mail: adm@igd.khv.ru

Крупская Людмила Тимофеевна,  
e-mail: eco@igd.khv.ru

Озарян Юлия Александровна,  
e-mail: Julia-Storm@yandex.ru

#### TO A QUESTION OF ECOLOGICAL PROBLEMS OF OPENING OF BUILDING RAW MATERIALS DEPOSITS

Mamaev Yu. A., Krupskaya L. T., Ozaryan Yu. A.

The main ecological problems of opening of building raw materials deposits at JSC «Korfovsky stone quarry» are considered. Actions for reproduction of land productivity broken by extraction of granodiorite, dust control, organization of the mining-ecological control over changes of ecosystems and population health are recommended for maintenance of ecological stability of an environment.

*Key words:* technogenic landscape, optimization, reclaiming, disturbed lands, ecology, building raw materials, protection of environment.

УДК 622.281.28.044

А. Е. ХЛУСОВ (СПГГИ)

## МЕТОД РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ АНКЕРНОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ СЛОИСТОЙ КРОВЛИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК



А. Е. ХЛУСОВ,  
старший научный сотрудник,  
канд. техн. наук

Распространенные в горной практике случаи, когда в кровле выработки, недалеко от ее контура, залегает относительно мощный слой прочной породы («порода-мост»), являются наиболее простыми для закрепления кровли анкерами, поскольку расчет их установки обычно проводят на полный вес подвешиваемых породных слоев. Однако при таком упрощенном подходе плотность установки и параметры анкерных стержней могут оказаться завышенными, так как в расчете не учитывают устойчивость подвешиваемых породных слоев. Автором предложен метод расчета оптимальных параметров сталеполлимерного анкерного крепления, учитывающий как несущую способность закрепляемых пород, так и совместную работу пород и крепи, что позволяет обеспечить безопасное нахождение людей в выработке при рациональной минимизации металлоемкости крепи.

Решение задачи построено на использовании теории изгиба балок, лежащих на упругом основании (см. рисунок). При этом принято, что слоистая неоднородная кровля мощностью  $\Sigma h_i$ , «подшитая» анкерами к «породе-мосту», представляет собой многослойную расслоившуюся балку, опирающуюся за пределами пролета на податливое основание (например, пласт угля), а в пределах ширины выработки испытывает действие сосредоточенных реакций (отпора) анкерной крепи  $R_{ai}$ .

Многослойная балка, подвешенная на анкерах, представляет собой систему «порода — крепь», разрушение которой происходит в результате излома породных слоев и разрыва (или выдергивания из шпуров) анкерных стержней. Поэтому решение задачи состоит в том, чтобы найти оптимальные параметры крепи, при которых породные слои и подшивающие их анкерные стержни были бы нагружены одинаково —

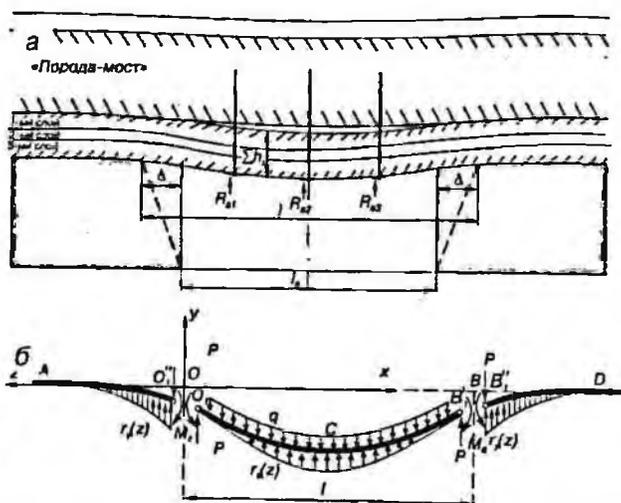
На основе теории изгиба балок на упругом основании предложено решение задачи об определении рациональных параметров анкеров, закрепляющих слоистую кровлю горной выработки по принципу подшивания менее прочных породных слоев к более прочным.

Ключевые слова: подготовительная выработка, слоистая кровля, сталеполлимерные анкеры, несущая способность кровли и анкеров, рациональные параметры крепи.

например, на 70–80 % своей несущей способности. Для этого необходимо, во-первых, вычислить максимальный изгибающий момент, действующий на породные слои балки, во-вторых, найти ее максимальный прогиб, чтобы в дальнейших расчетах приравнять полученные значения с предельными, соответственно изгибающему моменту и удлинению анкеров как условиям разрушения системы.

Разработанный автором математический аппарат учитывает ряд известных зависимостей и формул теоретической механики и сопротивления материалов, содержит большое число справочных и экспериментально определяемых параметров и величин, характеризующих рассматриваемую систему, а также ряд обоснованных автором допусков и в связи с этим является громоздким и сложным для практических расчетов «вручную». Эта проблема решена за счет использования компьютерных технологий: для среды Excel разработана специальная программа, позволяющая автоматизировать все трудоемкие циклические вычисления, быстро и легко найти искомые решения.

Например, по предложенной методике проведен расчет анкерного крепления штрека шириной 6 м, пройденного по уголю. Непосредственная кровля штрека сложена тремя, относительно слабыми породными слоями небольшой мощности — 0,3; 0,45 и 0,5 м, над которыми находится слой прочного песчаника мощностью 6 м. При глубине закрепления сталеполлимерных анкеров в слое песчаника 1 м их активная длина составляет 2,25 м. Расчет показал, что при коэффициенте запаса 1,5 рациональная плотность анкерования составит 0,49 анк/м<sup>2</sup> против 0,7 анк/м<sup>2</sup>, рассчитанной без учета несущей способности закрепленных пород. Это означает, что снижение металлоемкости



Общий вид закрепленной слоистой кровли выработки (а) и схема к расчету параметров анкерного крепления (б)

крепи в данном случае составляет около 30 %. При этом чем большей несущей способностью обладают подвешиваемые слои, тем выше будет экономия металла в креплении. □

*Хлусов Александр Евгеньевич*  
e-mail: hlusoff@rambler.ru

**METHOD OF CALCULATION OF PARAMETERS OF BEDDED ROOF BOLTING OF MINE WORKINGS**

Hlusov A. E.

The decision of a problem on definition of rational parameters of the anchors fixing a bedded roof of mine working by a principle of contact of less strong rock layers to stronger is offered on the basis of the beam theory on the elastic foundation .

*Key words: development working; bedded roof, resin-grouted roof bolt, bearing ability of a roof and anchors, rational parameters of support.*

**XIII сессия Межправительственного совета стран СНГ по разведке, использованию и охране недр**

2–4 сентября 2009 г. в г. Астане (Республика Казахстан) прошла очередная XIII сессия Межправительственного совета стран СНГ по разведке, использованию и охране недр.

В сессии Межправительственного совета по разведке, использованию и охране недр (далее — Межправсовет) приняли участие полномочные представители и эксперты от Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики, Российской Федерации, Республики Таджикистан, Украины, Республики Узбекистан (в статусе наблюдателя), Исполнительного комитета СНГ. Общее число участников — 54 человека.

Сессию открыл председатель Межправсовета, председатель государственной геологической службы Министерства охраны окружающей природной среды Украины Д. Д. Мормуль.

В соответствии с Положением о Межправсовете он передал функции председателя Межправсовета председателю Комитета геологии и недропользования Министерства энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан Б. С. Ужженову.

С приветствием к участникам сессии от имени Исполнительного комитета СНГ выступил консультант Департамента экономического сотрудничества В. А. Верещако.

На сессии были рассмотрены следующие вопросы: отчет председателя Межправсовета Д. Д. Мормуля о деятельности Межправсовета за период 2008–2009 гг.;

о деятельности Межправсовета в 2005–2008 гг. по выполнению решений Экономического совета СНГ от 13 марта 2009 г.; доклады руководителей и членов делегаций сотрудничающих сторон о результатах работы геологических служб в 2008–2009 гг. по выполнению решений XII сессии Межправсовета;

о внесении изменений и дополнений в Соглашение о сотрудничестве в области изучения, разведки и использования минерально-сырьевых ресурсов от 27.03.1997 г. и в Положение о Межправсовете;

о стадийности проведения геологоразведочных работ на территории стран СНГ;

о геологическом строении и металлогении сутурных зон Центральной Евразии;

о совместном проведении гидрогеодинамического мониторинга по изучению предвестников землетрясений как метода кратко- и среднесрочного прогноза землетрясений;

о разработке концепции управления опасными экзогенными геологическими процессами на территории стран СНГ;

о стандартизации, метрологии и сертификации в области геологического изучения недр;

о геологическом строении Кавказско-Крымско-Карпатской области;

о проекте перспективного плана совместных работ в рамках Межправсовета, создании редакционных групп по согласованию и увязке карт геологического содержания, составляемых по приграничным территориям и о подготовке совместной экспозиции международных проектов СНГ на 34-й сессии Международного геологического конгресса 2012 г.;

об итогах проведения VII Всероссийской открытой полевой олимпиады юных геологов.

Межправсовет одобрил выполненную украинской стороной работу по координации деятельности Межправсовета в период с сентября 2008 г. по сентябрь 2009 г.; принял к сведению информацию руководителей делегаций стран СНГ о проделанной работе по выполнению решений XII сессии Меж-

правсовета и ходе выполнения совместных проектов; рекомендовал сотрудничающим сторонам рассмотреть предложение российской стороны о проведении единых для стран СНГ научно-практических конференций, совещаний по геологической тематике; предложил широко пропагандировать в средствах массовой информации проведение олимпиад юных геологов сотрудничающих сторон с целью привлечения в геологическую отрасль молодого поколения.

В Астане впервые был принят проект Перспективного плана работ Межправсовета, в который были включены 16 совместных проектов: «Актуализация геологических карт масштаба 1:2 500 000 с расширенной атрибутивной базой данных по территории стран СНГ»; «Международная геологическая карта Азии масштаба 1:5 000 000, IGMA-5000»; «3D геологические структуры и металлогения Северной, Центральной и Восточной Азии»; «ГИС-Атлас геологических карт масштаба 1:1 000 000 северо-восточной ветви альпийского средиземноморского подвижного пояса»; «Разработка концепции управления опасными экзогенными геологическими процессами»; «Металлогения и перспективы развития минерально-сырьевых ресурсов Казахстана и сопредельных территорий стран СНГ с созданием прогнозно-металлогенической карты масштаба 1:100 000»; «Разработка международных стандартов для датирования докембрийских и фанерозойских формаций изотопными методами»; «Стандартизация, метрология и сертификация в области геологического изучения недр»; «Совместное проведение гидрогеодинамического мониторинга по изучению предвестников землетрясений как метода кратко-, среднесрочного прогноза землетрясений»; «Создание международных эталонов нижнего, среднего и верхнего кембрия»; «Концепция развития минерально-сырьевой базы стран СНГ»; «Стратегия формирования геологических служб стран СНГ»; «Концепция развития методов и технологий дистанционного зондирования Земли»; «Гидрогеологический мониторинг по трансграничным территориям стран СНГ»; «Геоэкологический мониторинг и создание геоэкологической карты стран СНГ в рамках международного проекта по геологической карте Азии»; «Тектоника и нефтегазоносность трансрегионального Сарматско-Туранского линейного элемента в свете новых геолого-геофизических данных».

На XIII сессии Межправсовета были приняты: решение о проведении в 2010–2012 гг. конференции и выставки «Минерально-сырьевые ресурсы стран СНГ» и совместной экспозиции к 34-й сессии Международного геологического конгресса, которая состоится в 2012 г. в Австралии;

Положение о Международной геологической премии, дипломе лауреата и нагрудных знаках; грамотами Исполкома СНГ предложено наградить Азима Иброхима (Республика Таджикистан), Б. Р. Берикболова (Республика Казахстан) и В. В. Карлука (Республика Беларусь);

предложение кыргызской стороны о проведении очередной XIV сессии Межправсовета в сентябре 2010 г. в Республике Кыргызстан.

Казахстанской стороне была выражена благодарность за хорошую организацию и проведение XIII Межправсовета.

*АЗИМ ИБРОХИМ,*  
начальник Главного управления геологии  
при Правительстве Республики Таджикистан,  
член Межправсовета,  
e-mail: geo\_tj@mail.ru

УДК 622.882:622.271(430.1)

А. А. СЕМИКОЛЕННЫХ (Экспертно-аналитический центр «Экотерра»)

## ПРОМЫШЛЕННЫЙ ОПЫТ РЕКУЛЬТИВАЦИИ КАРЬЕРОВ В ГЕРМАНИИ\*



А. А. СЕМИКОЛЕННЫХ,  
начальник отдела,  
канд. биол. наук

*Представлены результаты исследований, рекомендации и опыт рекультивации карьеров известняка и гипсового камня в Германии как пример системного природоохранного восстановления земель, нарушенных горными работами.*

*Ключевые слова: рекультивация карьеров, восстановление ландшафтов, землепользование, биоразнообразие, природное самовосстановление, гидрологический баланс.*

Нормативно-правовая база, касающаяся рекультивации объектов добычи известняка и гипса в Германии, включает ряд законов, головным из которых является Закон о горном деле. Цель закона в отношении сохранения ландшафтов, рекультивации нарушенных почв и земельного фонда состоит в обеспечении добычи сырья при щадящем и рациональном обращении с почвой и землями. Если производитель горных работ использует участок поверхности (земельный участок), принадлежащий иному лицу, предприятию, коммуне или государству, то он обязан восстановить (рекультивировать) его после окончания работ до исходного или иного состояния по согласованию с собственником. При этом компетентный орган власти может запретить или ограничить использование земельного участка для добычи полезных ископаемых, если его нарушение может существенно затронуть общественные интересы. Добывающая компания несет ответственность за соблюдение требований охраны окружающей среды и ландшафтного планирования, восстановление компонентов природной среды в соответствии с законодательством и заявленным планом рекультивации.

Цели рекультивации обозначаются крайне редко как сельскохозяйственные, а чаще — как рекреационные, если причудливый рельеф бывших карьеров включают в общественные зоны отдыха или природоохранные, если территории будут отнесены к биотопам. Немецкий закон об охране природы напрямую предписывает необходимость такого землепользования, чтобы в составе земель на уровне субъектов федерации имелось не менее 10 % территорий, относящихся к биотопам, национальным паркам или иным охраняемым природным объектам. Понятие биотопов включает водоохранные и береговые зоны, болота, солончаки и скалы, т. е. места, создающие необходимое природное разнообразие и условия обитания для растений и животных.

Обустройство отработанных карьеров, направленное на создание биотопов, — очень распространенное

направление рекультивации в Германии. Само понятие «rekultivierung» («рекультивация») трактуют как ликвидацию техногенного загрязнения или последствий деградации территории. Согласно программе регионального планирования (2000 г.), при дальнейшем использовании каменоломен и карьеров (после окончания добычи) рекомендуется их восстановление до уровня первоначального ландшафта, если это возможно, или сочетания природного и культурного ландшафтов. Рекультивации карьеров по добыче известняка и гипса в Германии посвящено большое количество исследований в 1990-х годах, основной вывод которых состоит в том, что эти карьеры могут быть успешно рекультивированы без существенного ущерба для окружающей природной среды, так как и известняк, и гипс являются обычными почвообразующими породами на поверхности земли, т. е. не обладают исходной токсичностью, как это имеет место, например, в случае сульфидсодержащих пород, и не нарушают естественного процесса природного самовосстановления. Более того, исследованиями Транкла и Байсвенгера установлено, что добыча известняка может даже способствовать увеличению биоразнообразия за счет появления новых каменистых поверхностей, запускающих начальную стадию растительной сукцессии — первичного обрастания.

Естественная динамика восстановления растительности изучалась на примере гипсового карьера, расположенного в Северной Баварии. Примерно сходные данные были получены при изучении зарастания меловых карьеров на острове Рюген (север Германии). После поселения на поверхности пионерной растительности травянистый покров достиг первой стадии стабилизации в форме сообщества с доминированием таких рудеральных видов, как горец птичий, звездчатка средняя и марь красная. Данное сообщество недолговечно и через 2–3 года вытесняется лугово-пастбищной растительностью с присутствием таких видов, как дикая морковь и горлоуха ястребинковая. Если площади и далее остаются без использования, то развиваются сухие луга с преобладанием полыни, вьюнка полевого, пырея ползучего и др., а на склонах

\* Автор выражает благодарность Фонду Alexander von Humboldt за финансовую поддержку работы и Martin Holtzapfel, сотруднику компании Klauf Gips KG, за любезно предоставленные материалы.

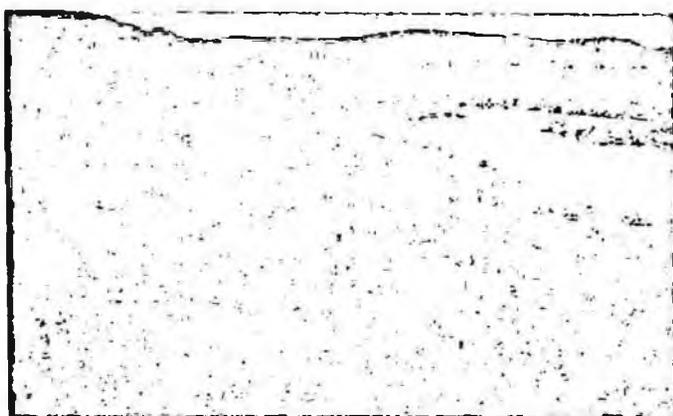
появляются сообщества мятликов и пупавок. При интенсивном сенокосе возникает луг с преобладанием французского рейграсса и некоторых других видов, характерных для степей, например, шалфея лугового. Краевые зоны могут быть заняты клевером и подорожником. В итоге все стадии эволюции фитоценозов заканчиваются формированием сообщества с преобладанием кустарников, например, бирючины обыкновенной или сливы колючей. Эта стадия наступает через 5–12 лет после начала самозарастания и считается наиболее удачным моментом для повторного лесоразведения в данных условиях.

Существуют несколько приемов, способствующих ускорению естественного восстановления биоценозов на карьерах, выводимых из эксплуатации. В частности, не рекомендуют открывать для добычи площади, превышающие несколько гектаров, а при переходе на следующий участок необходимо немедленно начинать работы по технической рекультивации выработанного участка. Это позволяет не только своевременно осваивать средства, предназначенные для работ по рекультивации, но и создает оптимальные условия для минимизации воздействия на окружающую среду и успешного самовосстановления растительности на рекультивируемых участках.

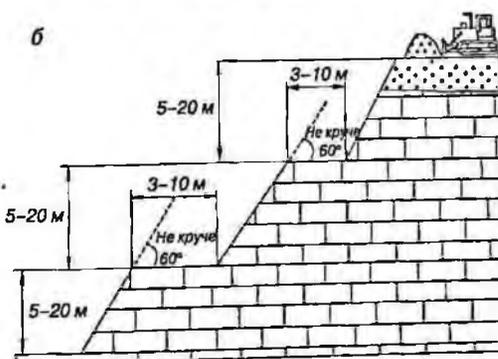
Террасированные стены (борта) карьеров представляют собой благоприятный набор местообитаний различных типов — крутые и пологие склоны разной освещенности, отдельные глыбы и т. п. Тем не менее рекомендованы дополнительные работы по технической рекультивации отработанных карьеров, способствующие самовосстановлению растительности (см. рисунок). Примерно за 20 лет



Общий вид карьера, подготавливаемого к рекультивации



Природный ландшафт на площади бывшего карьера через 20 лет после лесовозобновления (район Гарц, Германия)



Техническая рекультивация отработанных карьеров: а — структурное разнообразие скальных поверхностей в карьере; б — схема обустройства борта карьера с планировкой откосов и покрытием борта слоем рыхлого грунта

склоны и поверхности зарастают, а площадь, занятая бывшим карьером, гармонично включается в ландшафт.

Если планируется восстановление лесной растительности, то рекомендуется оставлять в непосредственной близости от карьера «пятна» или «острова» первичного леса для ускорения естественного лесовозобновления. Очаги леса способствуют также распространению растительного опада на каменистые поверхности, а следовательно, привнесу органического вещества и биогенных элементов, появлению пионерной растительности на открытых каменистых поверхностях\*.

В районах, где химический состав почвообразующей породы позволяет формироваться богатым дерново-карбонатным почвам и имеется возможность для развития высокопродуктивных лугов, которые могут быть использованы в сельском хозяйстве или для лесоразведения ценных пород деревьев, должны быть приняты меры по защите склонов от водной и ветровой эрозии. Специальная комиссия по эрозии почв совместно с Рабочей группой по охране почв Германии (LABO) выработали рекомендации по предотвращению водной эрозии почв, которые содержат перечень действий — от полевых исследований эрозионных рисков (опробование, установление площади эрозии, оценки убытков) до соответствующих мероприятий по снижению водной эрозии. Рекомендациями должны руководствоваться в первую очередь компетентные органы власти, инженеринговые и проектные

\* Горячкин С. В., Туюкина Т. Ю., Малков В. Н. и др. Генезис и геохимия таежных редколесий гипсово-карстовых ландшафтов Европейской России // Известия АН. Серия географическая. — 2004. — № 2.

компании. К противоэрозионным мероприятиям отнесены в первую очередь выколаживание склонов, ограничение их длины и поперечное террасирование. При этом чем выше риск развития эрозионных процессов, тем чаще должны располагаться и иметь более широкие полки террасы. Риски развития эрозионных процессов определяют в Германии по четырехбалльной системе в зависимости от ряда фактов. В различных федеральных землях приняты номограммы для классификации степеней угрозы и расчета противоэрозионных мероприятий.

При самовосстановлении растительности или даже искусственном травосеянии особые мероприятия по химической мелиорации обычно не требуются, кроме случаев подсыпки глинистого мелкозема на скальные полки. Удобрения и биологические добавки, способствующие прорастанию семян и скорейшему развитию травянистой растительности, применяют в жидком виде одновременно с гидропосевом семян. Обычно сеянцы испытывают дефицит влаги в большей степени, чем питательных веществ. При посадке саженцев ценных пород деревьев одновременно с их высадкой вносят удобрения по флористическим и агрохимическим показаниям. Внесение инородных компонентов в почву (например, применение в качестве удобрений или для мульчирования грунта илов очистных сооружений) допускается в целях восстановления экологических функций почвы по поддержанию круговорота веществ в природе или в целях улучшения свойств почвы для их дальнейшего использования в сельскохозяйственных или рекреационных целях. При этом вносимые вещества должны соответствовать критериям безопасности и не вызывать ухудшения свойств почвы в долгосрочной перспективе.

Восстановление растительности на склонах карьеров можно проводить в несколько этапов, например, на первом этапе — высеив трав, на втором — высеив семян древесных пород. При этом для сохранения всходов особенно важна влажность, так как гипс и известняк обладают огромной фильтрационной и водноабсорбционной способностью. Если нет возможности регулярно увлажнять склоны в первую неделю после посева, то его следует спланировать на благоприятный сезон, когда климатическая норма имеет ежемесячное максимальное количество осадков (в Германии это конец марта — апрель) и достаточную обеспеченность теплом.

Первичное восстановление травянистой растительности может быть проведено быстрорастущими видами, имеющими хорошую корневую систему и устойчивыми к перманентным условиям влажности. Однако второй и другие этапы, особенно восстановление древесной растительности, рекомендуется проводить семенами местных видов, которые в значительной степени являются эдификаторами (преобразующими окружающую среду), что способствует восстановлению первичной растительности на склонах карьера.

В связи с тем, что известняки и гипсы являются карстующимися породами и имеют значительный модуль подземного стока, карьеры этого типа обычно искусственно не затопляют, как это зачастую проектируют при рекультивации карьеров бурого угля. В случае, если грунтовые воды начинают поступать в карьер, то появление на его дне малых карстовых озер не опасно и приветствуется,

как дополнительное местообитание растений и животных. Вместе с тем добыча карстующихся пород почти всегда связана с риском изменения гидрологического баланса, особенно при глубине карьеров ниже среднего уровня грунтовых вод, когда возможно проявление таких опасных процессов, как активное выщелачивание пласта с образованием воронок и поноров; обрушение карстовых пустот с внезапным образованием провалов и рвов; суффозионные явления при сохранении прочности кровли, что приводит к ряду неравномерных просадок на местности и др.

Серьезными визуальными последствиями ситуации, когда уровень вод горизонтальной циркуляции находится выше дна карьера, являются: иссушение родников и источников в регионе; изменение баланса влаги в почве из-за ускоренной фильтрации; активизация опасных экзогенных процессов, например, ежегодное образование новых просадок и провалов, в том числе в густонаселенной местности. Так, из карьеров в долине реки Шпрее в период с 1937 по 1962 г. было извлечено около 1,5 млрд м<sup>3</sup> вскрышных пород и 298,5 млн т бурого угля, что привело к просадкам и разрушению домов в ряде поселков, а зона влияния горных работ на уровень грунтовых вод составила 2100 км<sup>2</sup>. При наличии в вышележащем пласте сульфидсодержащих или иных окисляющихся минералов понижение уровня грунтовых вод может стать фактором усиления окислительных процессов и снижения pH во всем водоносном пласте. Не менее опасные последствия могут проявиться при вторичном повышении уровня грунтовых вод вследствие целенаправленного затопления карьера или прекращения откачки дренажных вод. Подъем уровня грунтовых вод на территории, гидрологически связанной с карьером, может привести к ухудшению их качества за счет подтопления, размыва и анаэробного микробного разложения техногенных или природных веществ, накопившихся в зоне аккумуляции за период ее дренированного состояния (свалки отходов в оврагах, органические остатки и др.).

Таким образом, деятельность по добыче известково-гипсового камня открытым способом в целом совместима с сохранением ландшафтной ценности территории и ее экологических функций. Однако требуется соблюдение ряда технологических условий и ограничений, связанных с подготовкой карьера к его последующей рекультивации. Наиболее значимые риски для окружающей среды и устойчивого состояния прилегающей территории связаны с возможным изменением гидрологических условий региона и усилением карстово-суффозионных процессов. □

Семиколенных Андрей Александрович,  
e-mail: aasemik@list.ru

#### INDUSTRIAL EXPERIENCE OF RECULTIVATION OF PITS IN GERMANY

Semikolennyh A. A.

Research result, recommendations and experience of recultivation of pits of limestone and gypsan stone results in Germany as an example of system environmental land rehabilitation broken by mining works are presented.

*Key words: recultivation of pits, land rehabilitation, land tenure, biodiversity, natural self-restoration, hydrological balance.*

УДК 622(09):378

В. Г. АФАНАСЬЕВ, И. Н. БЕЛОГЛАЗОВ (СПГГИ)

## ФРЕЙБЕРГСКАЯ ГОРНАЯ АКАДЕМИЯ И РАЗВИТИЕ ГОРНОГО ДЕЛА В РОССИИ — ТРИ ВЕКА ДЕЛОВОГО СОДРУЖЕСТВА\*



В. Г. АФАНАСЬЕВ,  
зав. кафедрой,  
д-р ист. наук



И. Н. БЕЛОГЛАЗОВ,  
декан факультета  
фундаментальных  
и гуманитарных дисциплин,  
д-р техн. наук

*Показано благотворное влияние многолетнего делового сотрудничества с Фрейбергской горной академией на развитие горной науки и практики, формирование научных кадров, в том числе ряда выдающихся деятелей горных наук в России.*

*Ключевые слова: горное дело, геология, химия, металлургия. Горная академия, рудознатцы, горнозаводчики.*

Небольшой немецкий город Фрейберг известен каждому, кто интересуется историей горного дела. Неслучайно Фрейберг с прилегающей к нему областью Рудных гор часто называют колыбелью горного дела в Европе: еще с XII века в окрестностях этого городка добывали высоко ценное во все времена серебро. Его добыча скоро превратила Фрейберг в один из самых крупных и богатых городов Саксонии того времени.

В XIII в. здесь был возведен один из наиболее крупных готических соборов того времени. К настоящему времени от него сохранились лишь фрагменты каменного фундамента и созданный в 1235 г. южный портал собора, известный под названием «Золотые ворота». Копия этого архитектурного памятника средневековья находится в Музее изобразительных искусств им. А. С. Пушкина в Москве. До наших дней сохранился и орган собора, который был сделан руками превосходного мастера Готфрида Зильбермана. На этом инструменте играл Иоганн Себастьян Бах. Старинный орган, сохранивший свое великолепное звучание до сих пор, является одной из главных достопримечательностей города, как и «Золотые ворота».

Подлинный толчок развитию горного дела не только в этом регионе, но и во всей Европе дал крупный немецкий ученый Георг Агрикола (1494–1555). Он жил в городе Хемнице, расположенном недалеко от Фрейберга, и был известен своими трудами по химии, медицине и философии. Агрикола впервые обобщил опыт горно-металлургического производства в своем знаменитом трактате «О горном деле...», изданном в 1550 г. Вплоть до XVIII в. это произведение оставалось основным пособием специалистов по геологии, горному делу и металлургии.

Благодаря совершенствованию добычи серебра и накопленному опыту Фрейберг становится интересным для многочисленных представителей не только германских земель, но и других стран. По инициативе главного горного начальника А. Шенберга здесь было основано училище, в котором изучали основы горного дела и металлургии. Горная тематика нашла свое отражение даже в облике города. Один из путешественников так описывал свои впечатления: «В самом городе повсюду было видно, чем он живет и дышит, что составляет его главную особенность. Большой рудничный молоток и железный лом — отличительные знаки рудокопов — были прибиты над дверями домов, в церквях и на кладбищах. Изображения рудокопов украшали жилые помещения и лестничные клетки. Надписи на дверях и утвари указывали на горное дело».

Одним из первых значение практического опыта, накопленного фрейбергскими горняками за долгие десятилетия, оценил Петр I. Начав модернизацию страны в период Северной войны, он убедился, что без развитого горного дела невозможно продвижение России вперед. Слабое представление о наличии в ее недрах тех или иных полезных ископаемых, не менее слабое развитие горного дела в целом и особенно металлургии ставили страну в зависимое положение от других, более развитых государств. Особенно заметно это сказывалось в оснащении армии современным оружием — его приходилось закупать в других странах, тратить на это колоссальные средства или идти на чрезвычайные меры.

Так как достижения горняков Фрейберга были известны далеко за пределами Саксонии, Петр I решил лично побывать в этом городе. В сентябре 1711 г. он прибыл в Фрейберг, и жители города устроили в его честь торжественное ночное шествие. Современники так описывали это событие: «В шествии приняли участие все рудокопы и штейгеры из окрестных рудников — всего 3535 человек. Они двигались от городских ворот к

\* В статье приведены цитаты и использованы сведения из архивных документов и публикаций, посвященных выдающимся деятелям горных наук и развитию горного дела в России.

замку, разделенные на «хоры», размахивая в темноте маленькими рудничными лампами и наводняя узкие улицы Фрейберга мелькающими повсюду огоньками. Впереди первого «хора» шел рудоискатель с «волшебной вилкой» в сопровождении двух юношей с факелами. За ним выступало восемь главных берг- и шихтмейстеров в длинных одеяниях из черного бархата. Яркие факелы освещали большие подносы, на которых искрились и мерцали серебряные, медные, свинцовые, оловянные руды, колчеданы и обманки, желтоватые куски серы и мышьяковых руд, пирамиды из асбеста и серпентина, лузатые бутылки и кубки с купоросным маслом и другими продуктами горной промышленности... Звенели цитры и триангели, сверкали факелы и лилась песня, рожденная под землей и рвущаяся к небу». Это шествие, которое русский царь наблюдал из замка саксонского курфюрста, произвело на Петра I сильное впечатление. Он распорядился выставить десять бочек вина, и горняки закончили этот праздник веселым гуляньем.

Накануне шествия Петр I побывал на рудниках и заводах Фрейберга, интересовался условиями работы горняков, сам вооружился ломом и другими горняцкими инструментами и собственноручно выбил несколько кусков руды, которые в дальнейшем пользовались среди жителей города большим почитанием.

Фрейберг был известен и тем, что с горным делом в нем основательно знакомились наиболее известные горнозаводчики России петровского времени — Демидовы. Особенно следует отметить Акинфия Демидова, который начал изучать премудрости горного дела под руководством своего знаменитого отца, а затем отправился учиться за границу. Во время пребывания во Фрейберге Демидов приобрел богатейший минералогический кабинет, перевез его в Сибирь и, дополнив сибирскими минералами, передал коллекцию в дар Московскому университету. Знания, полученные им во время заграничной командировки, в сочетании с организаторским талантом позволили увеличить число заводов Демидовых с 8 до 17. Кроме того, организованные на деньги А. Н. Демидова геологоразведочные экспедиции открыли на Алтае более 30 богатейших рудных месторождений.

Россия при Петре I избавилась от закупок иностранного оружия и сама стала производить его, наращивая выпуск и другой необходимой продукции. Но чтобы делать это на качественно новой основе, надо было иметь своих подготовленных специалистов горного дела. Кроме того, страна нуждалась и в специалистах-химиках. Российская Академия наук приняла решение о направлении в Германию трех наиболее способных студентов Славяно-греко-латинской академии для получения необходимых знаний по этим важным специальностям. Выбор пал на М. В. Ломоносова, Г. Рейзена и Д. И. Виноградова, которые осенью 1736 г., после углубленного изучения немецкого языка, отправились в Германию.

Первые три года они стажировались в городе Марбурге, который славился своим университетом, основанным в 1672 г. и считавшимся одним из лучших в Европе. Наиболее авторитетный ученый этого учебного заведения Х. Вольф по окончании учебы дал Ломоносову такую

характеристику: «Молодой человек преимущественного остроумия Михайло Ломоносов с того времени, как для учения в Марбург приехал, часто математические и философские, а особливо физические лекции слушал и безмерно любил основательное учение. Ежели впредь с таким же рачением простирается будет, то не сомневаюсь, что, возвратясь в отечество, принесет пользу обществу, чего от сердца желаю».

Поскольку инструкция Академии наук предписывала своим посланцам в Германию «ничего не оставлять, что до химических наук и горных дел касается, а притом учиться естественной истории, физике, геометрии и тригонометрии, механике, гидравлике и гидротехнике...», то они продолжили обучение во Фрейберге у широко известного не только в Германии, но и за ее пределами И. Ф. Генкеля, ученого и знатока в области минералогии, горного дела, металлургии и кристаллографии. Кроме того, Ломоносов сочетал получение теоретической подготовки с практикой: он неоднократно посещал заводы, обогатительные фабрики и рудники, подробно изучал шахтное дело, включая их устройство и расположение, систему креплений и вентиляцию, конструкции подземных машин и многое другое. Генкель дал следующую характеристику своему ученику: «Ломоносов оказал порядочные успехи в усвоении как в теории, так и на практике химии, преимущественно в металлургической и в особенности пробирного искусства... в познании руд, рудных жил, также земель, камней, солей и вод и приобрел большую сноровку в механике».

Эти надежды на молодого российского ученого в полной мере оправдались — вернувшись в Россию в июне 1741 г., Ломоносов уже в следующем году опубликовал свои работы «Первые основания горной науки» и «О слоях земных». Первая отличалась не только доходчивостью текста, но и наглядностью, поскольку в ней были помещены 42 рисунка, в том числе чертежи и схемы. Понятно, что она оказала существенное влияние на развитие горного дела России.

В ноябре 1765 г. был утвержден проект основания Горной академии во Фрейберге и подписан указ о ее открытии, а весной 1766 г. она уже начала свою работу. У истоков создания Фрейбергской горной академии стояли ученые, известные далеко за пределами Германии. Продолжатель дела И. Ф. Генкеля, выпускник Лейпцигского университета Х. Э. Геллерт в 1735–1747 гг. успешно занимался научной и преподавательской работой в России, а по возвращении в Германию в 1750 г. издал книгу «Начальные основы металлургической химии», которую очень высоко оценил Ломоносов. В 1781 г. она была переведена на русский язык. Математику и черчение преподавал профессор И. Ф. Шарпантье, которого считают одним из основоположников горного машиностроения. Первым профессором минералогии и горного дела в Академии был Х. И. Ломмер, с 1775 г. там преподавал один из наиболее известных немецких ученых в области геолого-минералогических наук А. Г. Вернер и другие видные специалисты.

Через 8 лет после открытия Фрейбергской горной академии, 21 октября 1773 г. в жизни российской науки и образования произошло важное событие — в ЭТОТ

день императрица Екатерина II подписала указ об учреждении в Петербурге Горного училища, ставшего со временем первым высшим техническим учебным заведением России. Можно предположить, что на проект его создания большое влияние оказал один из первых его преподавателей И. М. Ренованц, который в 1768–1771 гг. проходил обучение во Фрейберге, прослушав там различные курсы, относящиеся к развитию горнозаводского производства. Авторы научной биографии ученого подчеркивают, что «в 1772 г. И. М. Ренованц прибыл в Россию и сразу же получил должности обер-берг-пробирера при лаборатории Берг-коллегии. Одновременно он принимал активное участие в разработке учебных планов будущего первого в России высшего Горного училища, имея возможность перенести сюда опыт организации Фрейбергской академии».

Учебный процесс в училище начали пять опытных преподавателей, включая Ренованца, который проработал в нем до конца жизни (1793 г.). Однако явно не хватало опытных специалистов горного дела, которые могли бы помочь в его становлении, не дожидаясь пока выпускники училища приступят к работе. В связи с этим Академия наук по-прежнему практиковала отправку молодых ученых на стажировку в Горную академию Фрейберга. В 1774–1779 гг. там находился Ф. П. Моисеенков, о котором его научный руководитель профессор А. Г. Вернер писал: «...Федор Моисеенков слушал у меня... как теоретическое, так и практическое наставление в минералогии, проявив при этом всевозможную старательность и внимание. О его широких познаниях в этой науке свидетельствуют превосходно изложенные им опыты, на которые я обращаю особое внимание». Отметим, что Моисеенков, как и Н. Я. Озерцовский и В. Ф. Зуев, будущие академики, также проходившие стажировку за границей, в сентябре 1779 г. были избраны адъюнктами Академии наук. С сентября 1779 г. по июнь 1781 г. Моисеенков вел преподавание ряда дисциплин в Горном училище, включая горное искусство, занимался переводами и научной работой. После этого ему было поручено возглавить научную экспедицию в недавно присоединенный к России Крым для изучения его природных богатств, но по дороге туда он заболел и умер.

После образования Горного училища в Петербурге связь между ним и Горной академией во Фрейберге еще больше укрепилась. Так, в 1776 г. лучшие выпускники училища А. Колегов, П. Рожечников, П. Ильман и С. Подшивалов были направлены на полугодовую стажировку в академию. По возвращении домой все они активно занимались научной работой. Особенно следует отметить П. Ф. Ильмана, который до 1798 г. преподавал в училище геологию, минералогию, горное и маркшейдерское искусство, металлургию, пробирное искусство и химию.

В 1793 г. во Фрейберг были направлены два наиболее отличившихся выпускника Горного училища П. П. Медер и А. Ф. Дерябин, которые после возвращения сыграли важную роль в развитии горного дела России. В горном училище Медер преподавал ориктогнозию, геогнозию и горное искусство, был смотрителем минерального кабинета и музея моделей, а в 1818–1826 гг.

был командиром Горного кадетского корпуса, в который в 1804 г. было переименовано училище. Дерябин во время пребывания за границей не только тщательно изучил состояние горного дела, но и собрал богатую коллекцию минералов и полезных ископаемых, которую в 1801 г. передал в минералогический кабинет Горного училища. В дальнейшем он отличился при совершенствовании российского горного законодательства, а в 1811–1817 гг. был директором Горного кадетского корпуса и много сделал в нем для улучшения подготовки горняков и их обеспечения, используя при этом опыт западных учебных заведений, в том числе Фрейбергской академии.

Получая за границей основательную теоретическую и практическую подготовку, выпускники корпуса по возвращении в Россию быстро продвигались по служебной лестнице. Так, маркшейдер Г. Иосса в 1832 г. получил в Горном корпусе кафедру металлургии и до 1857 г. был ее профессором, приняв дополнительно на себя в 1845 г. чтение лекций по горному искусству. Симпатии воспитанников он привлекал не только высоким профессионализмом, но и чувством юмора, любовью к искусству, а потому пользовался среди сослуживцев и кадетов большой популярностью и авторитетом.

В последующие годы сотрудничество Горной академии и Горного кадетского корпуса приняло более активные формы. В 1851 г. Горный корпус первым по списку закончил Н. А. Кулибин, внук выдающегося русского механика-самоучки И. П. Кулибина. Вначале он был направлен на Алтай, а в августе 1853 г. на два года командирован за границу. Большую часть времени он провел во Фрейберге, изучая там металлургию и пробирное искусство под руководством таких известных ученых-металлургов, как Бейтгаупт, Платнер, Фриче и Рихтер. В том же году Горный корпус закончил Г. А. Тиме — сын выпускника естественного факультета Лейпцигского университета А. И. Тиме, который работал инспектором госпиталей Златоустовского горного округа, сменив в 1847 г. на этом посту А. Д. Бланка, деда В. И. Ленина. В 1853 г. Г. Тиме был отправлен на два года на стажировку в Германию и Бельгию для более глубокого изучения горной механики, горного и маркшейдерского искусства. Особенно плодотворным оказалось его пребывание в Германии. Помимо Фрейберга, в котором Тиме слушал лекции профессоров Вейсбаха и Цейнера, он познакомился с одним из наиболее авторитетных западных математиков того времени Б. Риманом и стал его учеником. Прослушанные лекции и личные беседы оказали на молодого горного инженера сильное влияние.

В 1882 г. Горный институт закончил один из самых талантливых ученых России в области химии Н. С. Курнаков, который стал основателем физико-химического анализа и создателем крупной научной школы в области общей и неорганической химии. Еще в студенческие годы его способности в этой области проявились настолько ярко, что его решено было оставить для преподавания в Горном институте и отправить на 1,5 года на стажировку за границу. Его наставник — профессор Н. А. Иосса рекомендовал не ограничиваться только знакомством о преподаванием металлургии и галургии в высших учебных

заведениях Берлина и Фрейберга, а посетить ряд казенных заводов Саксонии и Богемии и досконально изучить применявшиеся там технологии производства различных химических продуктов. Во время пребывания в Германии Курнаков слушал лекции во Фрейбергской горной академии, а также состоял практикантом на Мульденском сереброплавильном заводе близ Фрейберга.

Выдающимся ученым из числа воспитанников Горного института стал А. А. Скочинский, который в 1900 г. проходил девятимесячную стажировку в Германии, Франции, Бельгии и Австро-Венгрии. Прослушав лекции во Фрейберге и побывав на шахтах различных угольных и рудных месторождений, он собрал огромный материал о состоянии вентиляции в газообильных шахтах и способах обеспечения безопасного ведения горных работ.

Следует подчеркнуть, что на стажировку в Германию направляли, как правило, лучших выпускников Горного института, с тем чтобы горная наука в России и преподавание профильных дисциплин развивались на уровне лучших мировых образцов. Многие из них спустя короткое время после стажировки защитили диссертации и, продолжая успешно заниматься наукой, в дальнейшем стали академиками, основоположниками новых направлений в области минералогии, химии, горного дела и других наук.

Важно также отметить устойчивые связи Фрейбергской горной академии с такими районами России, где была высокоразвитая горная промышленность. Так, в Алтайском горном округе в начале 1835 г. было всего 30 горных инженеров. Учитывая, что округ был главным поставщиком золота и серебра в государственную казну, на стажировку во Фрейбергскую горную академию были направлены выпускники Горного института: в 1833 г. — штабс-капитан А. Гернгросс и штабс-капитан Н. Пишке, летом 1840 г. — поручик А. Бояршинов, в 1842 г. — К. Раевский, в 1843 г. — М. Данилов, в 1846 г. — А. Перетц, которые в дальнейшем внесли значительный вклад в развитие горного дела края.

В 1868 г. на Алтай для геологического исследования ряда районов был приглашен известный немецкий геолог профессор Фрейбергской горной академии Б. Котта. За летние месяцы он тщательно изучил Салаирский кряж, а также Змеиногорские, Колывановские, Риддеровские, Зырянские и Прииртышские рудники, отметив в отчетах высокую рудоносность Алтая для будущих разработок.

Известным уральским металлургом, получившим в 1906 г. образование во Фрейбергской горной академии, был основатель уральской научной школы металловедения В. И. Штейнгель. После окончания учебы в Германии именно он стал организатором мартеновского производства в Юрюзани, Перми и Златоусте. В 1939 г. он был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР и, помимо решения практических задач, длительное время занимался педагогической и научной деятельностью на Урале, организовав в 1927 г. Уральский НИИ черной металлургии.

Таким образом, между Фрейбергской горной академией и развитием горного дела в России прослеживается самая тесная связь, носившая многоплановый характер. Начавшаяся Первая мировая война, события 1917 г. в России и трудные годы восстановления экономики, а затем Вторая мировая война и сложное время послевоенных лет не способствовали развитию накопленного опыта. Лишь с 1960-х годов сотрудничество родственных вузов горного профиля вновь проявилось по всем направлениям и дало ощутимые результаты. В настоящее время между Фрейбергской горной академией и Петербургским горным институтом как в целом, так и между отдельными факультетами и кафедрами существуют тесные связи на прочной договорной основе. Широкий размах вновь приобрели контакты ученых, специалистов, аспирантов и студентов, что, безусловно, способствует развитию горного дела, науки и в конечном счете — укреплению дружбы и взаимопонимания между народами России и Германии. □

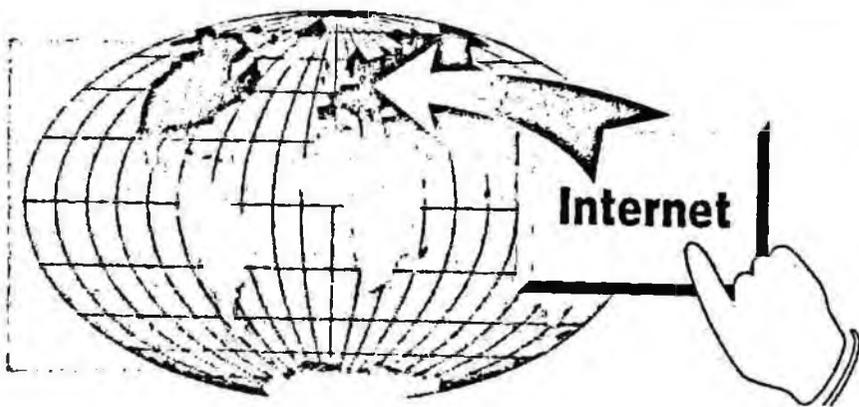
Афанасьев Владимир Георгиевич,  
тел.: (812) 328-82-04  
Белоглазов Илья Никитич,  
e-mail: beloglazov@inteko.spb.ru

**FREIBERG MINING ACADEMY AND MINING DEVELOPMENT IN RUSSIA — THREE CENTURIES OF BUSINESS COMMUNITY**

Afanasiev V. G., Beloglazov I. N.

Beneficial influence of long-term business cooperation with Freiberg mining academy on development of mining science and practice, formation of scientific personnel, including of some outstanding leaders of mining sciences in Russia is shown.

*Key words: mining, geology, chemistry, metallurgy, Mining academy, mining-manufacturer.*



**ГОРНЫЙ  
ЖУРНАЛ**

Посетите  
нас в  
Интернете

<http://www.rudmet.ru>

# STONETECH

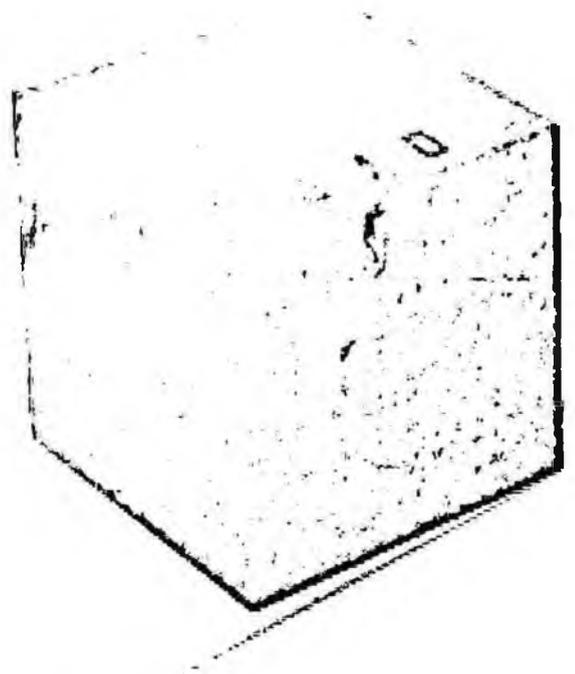
   ENGISTONETECH 2010 SHANGHAI

第十七届中国(上海)国际石材产品及石材技术装备展览会

17-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ПО ОБОРУДОВАНИЮ И ТЕХНОЛОГИЯМ ОБРАБОТКИ КАМНЯ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НЕГО

## Единый сервис

## для покупки качественного камня



### 上海新国际博览中心

ШАНХАЙСКИЙ НОВЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

Организаторы:

-  ССРП - подкомитет по строительным материалам
-  Китайская ассоциация промышленности по обработке камня
-  Выставочная компания CIEC

## 2010.4.6-9

Tel: +86 10 6836 2774  
Fax: +86 10 8836 0042  
Email: info@stonetechfair.com

[www.stonetechfair.com](http://www.stonetechfair.com)



Безупречно



Безопасное рабочее пространство

# Электрические погрузчики

## Реальная мощность

Компания Sandvik предлагает широкий спектр электрических погрузчиков высокой производительности с редкими и быстрыми интервалами технического обслуживания и невысокой стоимостью. В электропогрузчиках отсутствуют вредные выбросы газов. Выбор за Вами!