

УДК 622.765

М. А. АРУСТАМЯН, Л. М. СОЛОВЬЕВА (ЗАО «НПО «РИВС»)

## ВНЕДРЕНИЕ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ РУДЫ НА НИКОЛАЕВСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ ТОО «КОРПОРАЦИЯ КАЗАХМЫС»



М. А. АРУСТАМЯН,  
исполнительный  
директор,  
канд. техн. наук



Л. М. СОЛОВЬЕВА,  
зам. директора департамента  
технологических  
исследований

Представлены результаты поэтапной реконструкции Николаевской обогатительной фабрики, проведенной в соответствии с технологическим регламентом и проектом, выполненными ЗАО «НПО «РИВС». В результате реконструкции главного корпуса без остановки производства при обогащении полиметаллической руды Артемьевского месторождения достигнуты проектные технологические показатели.

**Ключевые слова:** полиметаллическая руда, технологический регламент, реконструкция, оборудование, флотация, показатели обогащения.

Николаевская обогатительная фабрика (НОФ) проектной производительностью 1,5 млн т руды в год введена в строй в декабре 1980 г. Во втором полугодии 1998 г. фабрика вышла на производительность 2 млн т руды. В 2006 г. начался этап ее реконструкции с целью увеличения производительности до 2,5 млн т руды при переработке полиметаллических руд Артемьевского и Cu-Zn-руд Николаевского месторождений. Разработка технологии обогащения руды Артемьевского месторождения выполнена

Пекинским институтом «BGRIMM». В 2009 г. проведены промышленные испытания технологии переработки руды, предложенной китайскими специалистами (прямая селективная схема флотации) с установкой на фабрике флотационного оборудования китайского производства. В ходе проведения этих испытаний проектные показатели не были достигнуты, в связи с чем переработка руды переведена на коллективно-селективную схему с последующим разделением Cu-Pb-концентрата по бихроматной технологии. Достигнутые технологические показатели обогащения руды в 2011 г. на Николаевской обогатительной фабрике приведены в **табл. 1**.

Низкие технологические показатели предопределили необходимость разработки новой технологии, обеспечивающей достижение лучших результатов.

В настоящее время рудной базой для НОФ являются полиметаллические руды Артемьевского месторождения и медноцинковые руды Юбилейно-Снегирихинского месторождения. Как известно, наиболее труднообогатимыми являются полиметаллические руды. Это обусловлено многообразием минеральных форм, тесной ассоциацией их друг с другом, часто весьма тонким взаимопроращением нерудных минералов и сульфидов, неравномерным распределением сульфидов в породе, что характерно и для полиметаллической руды Артемьевского месторождения.

В соответствии с техническим заданием, подготовленным ТОО «Корпорация Казахмыс», в 2011 г. специалисты ЗАО «НПО «РИВС» разработали технологический регламент на проектирование НОФ для переработки полиметаллической руды Артемьевского месторождения по новой гравитационно-флотационной тех-

**Таблица 1. Товарный баланс металлов при обогащении полиметаллической руды на НОФ в 2011 г.**

Продукт	Выход, тыс. т	Содержание, %, г/т					Извлечение, %				
		Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Au	Ag
Cu-концентрат	43,74	23,12	5,8	6,11	6,78	1075,5	71,77	21,77	6,51	38,84	49,11
Pb-концентрат	16,13	2,79	30,81	15,61	2,53	570,46	3,19	42,67	6,13	5,34	9,61
Zn-концентрат	71,48	3,45	3,16	44,75	1,24	254,73	17,52	19,38	77,89	11,65	19,01
Отвальные хвосты	586,26	0,18	0,32	0,66	0,57	36,4	7,52	16,18	9,47	44,17	22,27
Руда	717,61	1,96	1,62	5,72	1,06	133,48	100	100	100	100	100

© Арустамян М. А., Соловьева Л. М., 2014

**Таблица 2. Ожидаемые технологические показатели при обогащении полиметаллической руды Артемьевского месторождения по рекомендованной технологии**

Продукт	Выход, %	Содержание, %, г/т					Извлечение, %				
		Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Au	Ag
Общий Cu-концентрат	7,16	25,73	1,8	3,17	4,48	832,06	87,65	9,29	4,48	40,12	58,27
Pb-концентрат	1,81	1,7	50	6,5	6,2	470	1,46	65,24	2,32	14,04	8,32
Zn-концентрат	8,32	0,95	1,19	51,8	0,67	131	3,76	7,14	84,98	6,97	10,66
Гравитационный концентрат	0,17	0,72	13,8	2,7	115	590	0,06	1,69	0,09	24,45	0,98
Отвальные хвосты	82,54	0,18	0,28	0,5	0,14	26,96	7,07	16,64	8,13	14,42	21,77
Руда	100	2,1	1,39	5,07	0,8	102,24	100	100	100	100	100

нологии. В табл. 2 приведены регламентные показатели обогащения руды по новой технологии.

Выделение черного гравитационного концентрата предусматривалось в цикле измельчения руды с последующей его доводкой в отдельной гравитационной секции. Флотационная схема включала коллективно-селективный цикл флотации

с последующим циклом разделения Cu-Pb-концентрата по бесцианидному режиму и без использования бихроматной технологии.

В схеме предусмотрены межцикловые операции медной флотации (выделение медных головок), позволяющие повысить в целом извлечение меди в медный концентрат и попутно — золота. В различных флотационных циклах введены операции пульпоподготовки в специальных машинах. В качестве реагентов-собирателей использованы селективные реагенты нового поколения.

Полученные качественные показатели обогащения руды Артемьевского месторождения по новой технологии (см. табл. 2) значительно превышают уровень показателей, достигнутых на НОФ до реконструкции.

В 2012 г. выполнен проект реконструкции НОФ в соответствии с технологическим регламентом. С конца 2012 по сентябрь 2013 г. осуществлялась поэтапная реконструкция НОФ (измельчительное, флотационное, реагентное и фильтровальное отделения) с установкой нового оборудования производства ЗАО «НПО «РИВС».

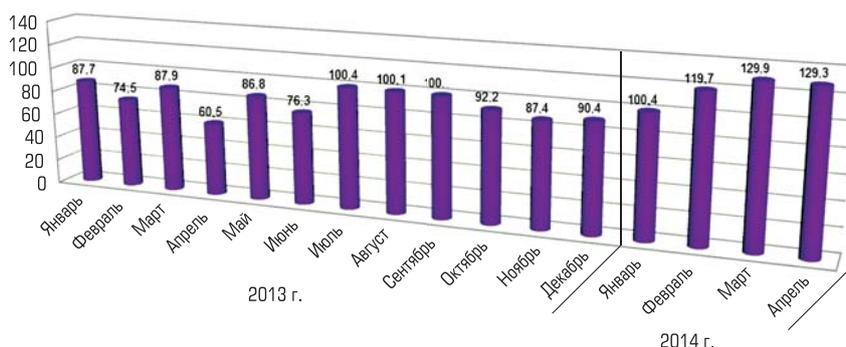
Процесс реконструкции НОФ целенаправленно разделен на несколько этапов с целью сохранения ритма работы фабрики, которая в период реконструкции не прекращала выпуск плановой про-



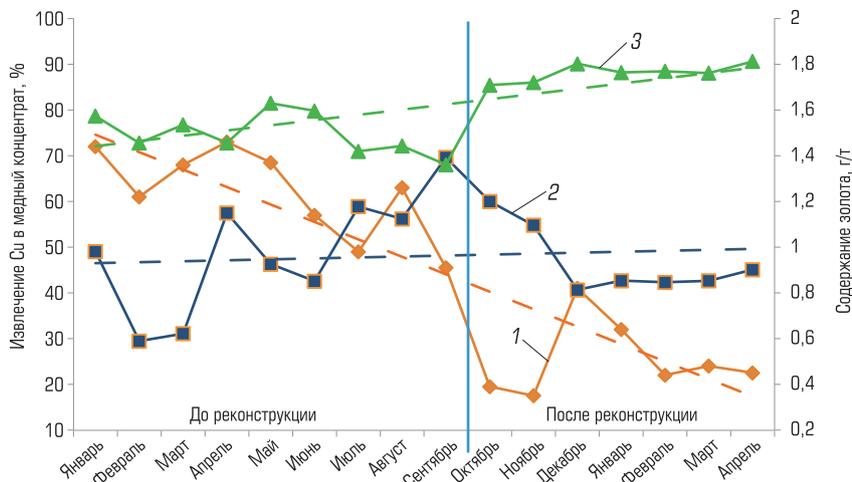
**Монтаж насосно-гидроциклонных установок в цикле измельчения руды (а) и флотационного оборудования в главном корпусе НОФ (б)**

дукции. В главном корпусе НОФ произведена замена всего флотационного оборудования на флотомшины РИФ с камерами различного объема, оснащенными автоматическими системами поддержания уровня пульпы и расхода воздуха АССУП-РВ. В соответствии с регламентом в операциях флотационного цикла установлены специальные машины пульпоподготовки ОФК, контактные чаны, насосно-гидроциклонные установки в циклах измельчения руды и доизмельчения промежуточных продуктов. Полностью реконструировано отделение дозирования реагентов с установкой новых современных питателей флотационных реагентов.

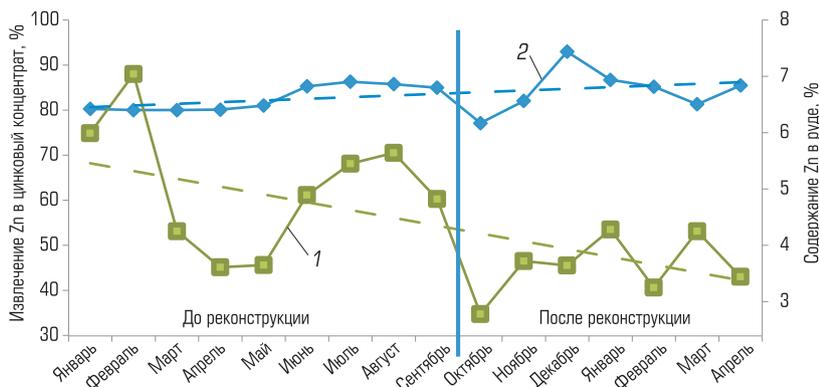
Реконструкция фильтровального отделения по согласованию с заказчиком начата в феврале 2014 г. В фильтровальном отде-



**Рис. 1. Объем перерабатываемых руд текущей добычи (тыс. т/мес) на НОФ в период реконструкции**



**Рис. 2. Технологические показатели по медному концентрату:**  
 1 — содержание золота в руде (по товарному балансу), г/т; 2, 3 — извлечение в медный концентрат золота и меди соответственно



**Рис. 3. Технологические показатели по цинковому концентрату:**  
 1 — содержание цинка в руде; 2 — извлечение цинка в концентрат

лении монтируются современные пресс-фильтры производства компании Diemta. Окончание реконструкции фильтровального отделения запланировано на декабрь 2014 г.

На приведенных ниже фотографиях изображен монтаж оборудования производства СП ЗАО «ИВС» на Николаевской обогатительной фабрике в период поэтапной реконструкции.

Следует отметить, что реконструкция НОФ осуществляется под руководством специалистов ЗАО «НПО «РИВС», как было отмечено выше, без остановки производства. В подтверждение этому на рис. 1 приведена динамика показателей по переработке

руд текущей добычи в период реконструкции НОФ.

В настоящее время руда Артемьевского месторождения перерабатывается только по флотационной схеме. Строительство гравитационного отделения остановлено ввиду нецелесообразности извлечения золота гравитационным методом в связи с резким снижением (почти в два раза по отношению к регламентному уровню) содержания золота в исходной руде.

С октября 2013 г. специалисты ЗАО «НПО «РИВС» осуществляют на НОФ постоянное технологическое сопровождение в рамках Договора по управлению проектом. За этот период значительно откорректирован реагентный режим: сокращен расход реагентов, особенно импортных; изменено соотношение их расхода; определены и внедрены оптимальные режимы работы измельчительного и флотационного оборудования.

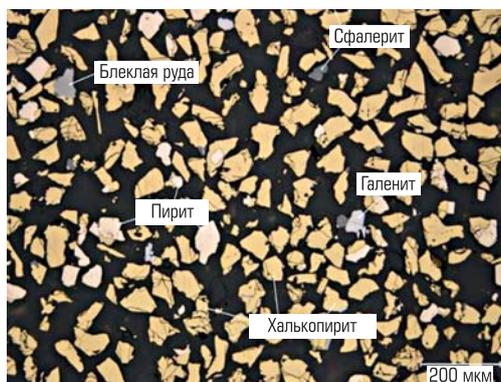
Отметим, что в соответствии с новой технологией в Cu-Pb-цикле флотации скорректирован реагентный режим — исключено использование цианида натрия при содержании цинка в руде менее 5 %.

Все принятые меры по оптимизации рекомендуемой технологии после проведенной поэтапной реконструкции НОФ позволили с октября 2013 г. достичь проектных показателей по извлечению меди и цинка в одноименные концентраты, повысить извлечение золота в медный концентрат при значительном снижении его содержания в руде. На рис. 2 и 3 представлены показатели по извлечению меди и цинка в одноименные концентраты и золота в медный концентрат в период 2013–2014 гг.

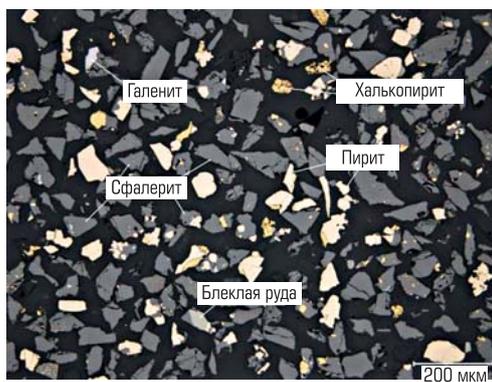
В табл. 3 приведены показатели обогащения полиметаллической руды на НОФ по меди и цинку за 4 мес 2014 г. после завершения реконструкции измельчительного, флотационного (кроме узла селекции) и реагентного отделений. Свинцовый концентрат в этот период не выделялся ввиду завершения реконструкции НОФ по циклу селекции. Как видно, извлечение цинка в цин-

**Таблица 3. Товарный баланс металлов при обогащении полиметаллической руды Артемьевского месторождения за январь — май 2014 г.**

Продукт	Содержание, %, г/т					Извлечение, %				
	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Au	Ag
Cu-концентрат	21,65	7	4,83	3,51	352,18	88,84	45,19	8,43	45,61	40,31
Zn-концентрат	1,64	3,15	46,96	1,32	230,37	6,96	21,07	84,87	17,78	27,3
Отвальные хвосты	0,08	0,42	0,31	0,23	22,82	4,2	33,74	6,7	36,61	32,39
Руда	1,69	1,07	3,97	0,53	60,51	100	100	100	100	100



**Рис. 4. Медный концентрат. Крупность –71+45 мкм. Отраженный свет, николи параллельны. Темные зерна с рельефом — нерудные минералы**



**Рис. 5. Цинковый концентрат. Крупность –71+45 мкм. Отраженный свет, николи параллельны**

**Таблица 4. Результаты замкнутого опыта по разделению Cu-Pb-концентрата**

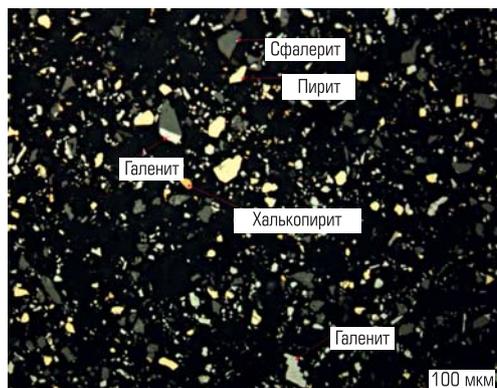
Продукт	Содержание, %			Извлечение, %		
	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
Cu-концентрат	29,09	2,72	2,95	97,51	8,1	31,67
Pb-концентрат	1,23	51,05	9,81	2,49	91,9	68,33
Пенный продукт III Cu-Pb-перечистки	18,42	20,93	5,81	100	100	100

**Таблица 5. Технологический баланс металлов в период предварительных промышленных испытаний по селекции Cu-Pb-концентрата**

Продукт	Содержание, %			Извлечение, %		
	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
Cu-концентрат	26,64	4,99	3,44	88,68	18,13	4,07
Pb-концентрат	2,86	45,18	11,08	3,45	59,48	4,76
Zn-концентрат	1,06	2,11	53,9	4,86	10,53	87,68
Хвосты	0,06	0,23	0,21	3,02	11,87	3,49
Руда	1,79	1,64	5,04	100	100	100

ковый концентрат достигло 84,87 % против 77,89 % в 2011 г. даже в условиях значительного снижения содержания цинка в руде (3,97 % против 5,72 в 2011 г.). Существенно повысилась и извлечение меди в медный концентрат (88,84 % против 71,77 %), а также золота (с 38,84 до 45,61 %). На рис. 4 и 5 показан характерный минеральный состав цинкового и медного концентратов, полученных по новой технологии.

В I квартале 2014 г. специалистами ЗАО «НПО «РИВС» в условиях исследовательской лаборатории НОФ на продуктах фабрики изучали возможность получения товарного свинцового концентрата камерным продуктом медного цикла флотации по бесцианидной



**Рис. 6. Свинцовый концентрат (класс –44 мкм). Отраженный свет, николи параллельны**

технологии разделения Cu-Pb-концентрата и без использования бихромата калия. По разработанной схеме и режиму проведен замкнутый опыт (табл. 4).

Минеральный состав свинцового концентрата следующий, %: 57 галенит; 11 сфалерит; 4 халькопирит; 24 пирит. Крупность зерен — менее 50 мкм. Сфалерит в продукте наблюдается как в виде свободных зерен, так и в сростках с галенитом, пирит на 99 % находится в

свободных зернах, халькопирит представлен свободными зернами (рис. 6).

В конце мая 2014 г., при переработке полиметаллической руды Артемьевского месторождения проведен I этап промышленных испытаний по селекции Cu-Pb-концентрата по разработанной технологии с получением товарного свинцового концентрата камерным продуктом медного цикла флотации (табл. 5).

Результаты промышленных испытаний свидетельствуют о возможности получения товарного свинцового концентрата по предложенной технологии без проведения свинцового цикла флотации, т. е. камерным продуктом медного цикла флотации. Содержание свинца в концентрате — не ниже 45 %, что соответствует ТУ на свинцовые концентраты марки КС-6. Схема селекции медно-свинцового концентрата с выделением свинцового концентрата камерным продуктом медного цикла флотации введена в промышленную эксплуатацию с июня 2014 г.

В связи с низким содержанием в руде золота строительство гравитационной секции производить нецелесообразно (в соответствии с календарным графиком ведения горных работ, до 2020 г. планируемое содержание золота в руде Артемьевского месторождения составит 0,6–0,7 г/т). Подтверждением нецелесообразности извлечения золота из руды Артемьевского месторождения гравитационным методом являются результаты рационального анализа золота в исходной руде (усредненные пробы из накопительной массы руды за декабрь 2013 и январь 2014 г.), подтверждающие

наличие единичных зерен свободного золота «гравитационной» крупности. Основная масса свободного золота в руде имеет «флотационную» крупность.

Важно отметить, что на НОФ после реконструкции с установкой нового основного технологического оборудования производства ЗАО «НПО «РИВС» успешно перерабатывается и медно-цинковая руда Юбилейно-Снегирихинского месторождения. При ее обогащении на НОФ значительно повышены качественные показатели обогащения медно-цинковой руды.

Реконструкция НОФ позволит:

- увеличить производительность фабрики;
- повысить выпуск меди, свинца и цинка в одноименные концентраты, а также золота — в медный концентрат;
- значительно улучшить условия работы технологического

персонала за счет внедрения современного оборудования, приборов контроля и управления технологическим процессом.

*Библиографический список*

1. Технологический регламент на проектирование НОФ для переработки руды Артемьевского месторождения в объеме 1600 тыс. т руды в год. — СПб. : ЗАО «НПО «РИВС», 2011.
2. Шумская Е. Н., Соловьева Л. М., Поперечникова О. Ю. Совершенствование технологии обогащения полиметаллической руды Артемьевского месторождения // Горный журнал. 2012. № 11. С. 63–67. **ГЖ**

*Арустамян Михаил Армаисович,  
Соловьева Лариса Михайловна:  
e-mail: rivs@rivs.ru*

**"GORNYI ZHURNAL"/"MINING JOURNAL", 2014, № 11, pp. 70–74**

<b>Title</b>	<b>Introduction of new technology of polymetallic ore concentration at Nikolaevsky concentration plant (Kazakhmys PLC)</b>
<b>Author 1</b>	Name & Surname: <b>Arustamyan M. A.</b>
	Company: <b>RIVS Science and Production Association (Saint-Petersburg, Russia)</b>
	Work Position: <b>Executive Director</b>
	Scientific Degree: <b>Candidate of Engineering Sciences</b>
	Contacts: <b>e-mail: rivs@rivs.ru</b>
<b>Author 2</b>	Name & Surname: <b>Solovieva L. M.</b>
	Company: <b>RIVS Science and Production Association (Saint-Petersburg, Russia)</b>
	Work Position: <b>Deputy Director, Production Research Department</b>
<b>Abstract</b>	<p>Nikolaevskaya processing plant (NPP) with the annual design capacity of 1.5 Mt was commissioned in December 1980. In the second half of 1990, the plant reached the annual capacity of 2 Mt.</p> <p>Low NPP production data in terms of processing of Artemievsk deposit complex ore conditioned development of a new technology to improve the complex ore processing performance.</p> <p>At the present time, NPP is supplied by complex ore from Artemievsk deposit and copper–zinc ore from Yubileino-Snegirikhinsky deposit.</p> <p>In 2011 the experts of RIVS worked out the production procedures for reconstruction of NPP to process Artemievsk complex ore using a new technology combining gravity dressing and flotation. From the end of 2012 through September 2013, NPP had been stage-wise reconstructed without suspension of the production, thus rhythm of work and the scheduled capacity of the plant were sustained. The reconstruction included the reequipping of the plant with the new machines manufactured by RIVS (flotation machines, conditioning tanks, attrition flotation units and pump-and-cyclone plants), advanced control tools and new reagent feeders. In October 2013, after the reconstruction of the main building of NPP, Artemievsk complex ore processing reached the design capacity in terms of copper and gold recovery in the copper concentrate and zinc recovery in the zinc concentrate. In connection with the absence of thickening and filtering equipment for the lead concentrate and due to the low lead content of ore, the temporary circuit of copper–lead concentrate production had been commissioned on June 1, 2014.</p>
<b>Keywords</b>	Complex ore, production procedures, reconstruction, equipment, flotation, ore dressing performance.
<b>References</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tekhnologicheskii reglament na proektirovanie Nikolaevskoy obogatitel'noy fabriki dlya pererabotki rudy Artemevskogo mestorozhdeniya v obeme 1 600 tysyach tonn rudy v god (Technological regulations for designing of Nikolaevsk Concentration Plant for processing of 1600 thousand tones of Artemievskoe deposit ore per year). Saint Petersburg : Scientific and Production Association "RIVS", 2011. (in Russian).</li> <li>2. E. N., Solovieva L. M., Pokerechnikova O. Yu. Sovershenstvovanie tekhnologii obogashcheniya polimetallicheskoy rudy Artemevskogo mestorozhdeniya (Improvement of concentration technology of polymetallic ore of Artemievskoe deposit). GornyiZhurnal=MiningJournal. 2012. No. 11. pp. 63–67.</li> </ol>