

## PROCESS SOLUTION IN PYRITE COPPER ORE PROCESSING

**Yagudin R. A.**<sup>1</sup>, Deputy Chief Concentration Officer – Head of Concentration Factory, e-mail: yagudin\_ra@ugok.ru

**Yagudina Yu. R.**<sup>1</sup>, Head of Research Laboratory

**Emelianenko E. A.**<sup>2</sup>, Assistant Professor, Candidate of Engineering Sciences

<sup>1</sup> Uchalinsky Mining and Processing Integrated Works JSC (Uchaly, Russia)

<sup>2</sup> Magnitogorsk State Technical University (Magnitogorsk, Russia)

A few decades ago, the copper-and-zinc ore concentration was a process flow of ore preparation and cleaning operations resulting in production of marketable copper, zinc and, partly, pyrite concentrates. Efficiency of mining and metallurgical technologies is governed by rational and multipurpose utilization of mineral resources and on scientific-and-technical approach to handling problems in integrated development and conservation of mineral wealth. As early as mine planning stage, all process characteristics and features of ore should be taken into account, for the first turn, the ore material constitution that complicates in the course of mineral extraction.

The aim of this research was to investigate the material constitution and process properties of pyrite copper ore treated at the Uchalinsky processing plant, and to study rational approaches to this ore dressing. The main goal of the ore dressing is production of high quality copper and zinc concentrates at high yield of the related commercial components. However the problem is complicated by some factors. The difficulties of concentration of pyrite copper ore at the Uchalinsky processing plant are conditioned by that the copper-zinc-pyrite ore occurring in the South Ural formations can greatly differ in the material constitution and process properties in different areas of the same deposit due to different genesis and degree of subsequent metamorphism and owing to intricate and tight intergrowth of sulphides unlocking of which requires very fine grinding; for another thing, the flotation properties of copper sulphides and zinc sulphides activated by copper ions are very close in the discussed ore.

Thus, the complex material constitution, fine intergrowth of sulphides and barren rock, high content of water-soluble copper, zinc and iron sulfates as well as development of colloform varieties prone to overgrinding characterize the ore as rebellious. In flotation the aggregates of copper, zinc and iron sulphides go to tailings, and unlocking of these aggregates requires hydrometallurgical methods. Currently, aimed at the integrated approach to pyrite copper ore processing based on the positive experience gained in steam-and-pressure leaching of copper concentrate, the investigations are carried out into the steam-and-pressure leaching of tailings and copper-and-zinc middlings.

**Key words:** copper-zinc ore, flotation, structures, textures, aggregates, fine intergrowth, integrated development of mineral deposits, hydrometallurgy, steam-and-pressure leaching.

## REFERENCES

1. Yagudin R. A., Yagudina Yu. R., Zimin A. V., Nemchinova L. A. *Gornyi Zhurnal – Mining Journal*, 2008, Special issue, pp. 31-35.
2. Seravkin I. B., Pirozhok P. I., Skuratov V. N. et al. *Mineralnye resursy Uchalinskogo gorno-obogatitel'nogo kombinata* (Mineral resources of Uchaly Mining and Metallurgical Combine). Ufa : Bashkortostan Book Publishing House, 1994.
3. Zimin A. V., Gusar L. S., Yagudin R. A., Boduen A. E. *Gornyi Zhurnal – Mining Journal*, 2008, Special issue, pp. 92–96.

УДК 622.1:528

**Е. В. БОБЫЛЕВА, И. Б. МОИСЕЕВ, А. Ш. МАННАНОВ, Д. Р. ХАРИСОВ** (ОАО «Учалинский ГОК»)

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГО-МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА



**Е. В. БОБЫЛЕВА**,  
зам. главного  
маркшейдера



**И. Б. МОИСЕЕВ**,  
главный геолог



**А. Ш. МАННАНОВ**,  
зам. начальника  
производственно-технического  
отдела — главный горняк



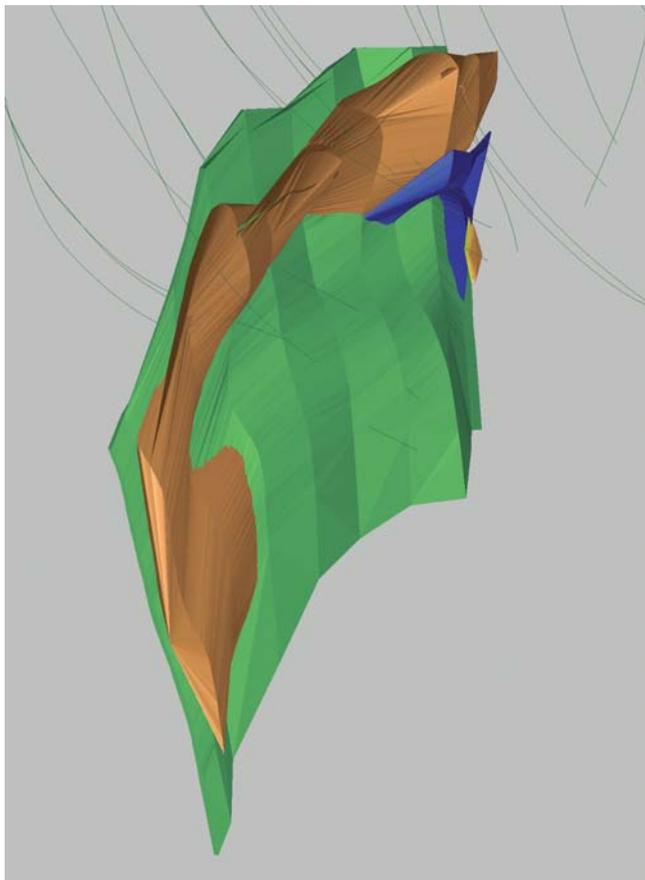
**Д. Р. ХАРИСОВ**,  
маркшейдер подземных  
горных работ

Показаны начальные этапы технико-технологического перевооружения геологической, маркшейдерской и технической служб ОАО «Учалинский ГОК» в целях перехода на современные автоматизированные системы проектирования и геолого-маркшейдерского обслуживания горного производства на основе новейших мировых достижений в области IT-технологий, программных комплексов и аппаратурного оснащения. Наряду с примерами успешного решения этих задач отражены особенности и трудности создания и освоения новых автоматизированных систем «без отрыва от производства» на действующем много лет горнорудном предприятии.

**Ключевые слова:** горнорудное производство, геолого-маркшейдерское обеспечение, программные комплексы, аппаратура, IT-технологии, станции GPS, трехмерное моделирование, проектирование, измерения, информация в электронном виде, освоение, проблемы, задачи.

В ОАО «Учалинский ГОК» разрабатывают сложные по геологическому строению месторождения медных, цинковых колчедан-

ных руд открытым, подземным и комбинированным способами. При этом основные Учалинское и Узельгинское месторождения



**Рис. 1. Каркасная модель рудного тела Ново-Учалинского месторождения**

находятся в стадии доработки, включая, в том числе, технологически сложную выемку разделительных и предохранительных целиков, законтурных запасов карьеров и других остаточных запасов. Кроме того, программой развития ОАО «Учалинский ГОК» предусмотрено освоение новых месторождений и участков — Озерного, Ново-Учалинского, Верхнего яруса Узельгинского — в целях восполнения выбывающих мощностей.

В этих условиях существенно возросли требования по объемам, точности и оперативности геолого-маркшейдерского обеспечения горного производства. В связи с этим было принято решение о технико-технологическом перевооружении соответствующих служб комбината на основе новейших мировых достижений в области информационных технологий, программного и аппаратного обеспечения. В 2006 г. специалистами комбината был проведен анализ современных систем на мировом рынке и опыта их освоения на горнорудных предприятиях России, по результатам которого выбран для приобретения и освоения программный комплекс Surpac.

Первыми к освоению программного обеспечения Surpac приступили геологи ОАО «Учалинский ГОК». В течение двух лет были полностью оцифрованы геологические разрезы, отстроены каркасные и блочные модели рудных тел № 5 и 5-а Верхнего яруса Узельгинского месторождения. По месторождению Озерное созданы геологическая база данных, каркасная и блочная модели

месторождения, подготовлены планы 13 горизонтов, отстроены геологические разрезы и подсчитаны запасы по подэтажам. По Ново-Учалинскому месторождению в настоящее время формируется геологическая база данных для создания каркасной и блочной моделей рудного тела (рис. 1).

Освоение новых технологий в Управлении маркшейдерских работ Учалинского ГОКа было начато с обновления парка маркшейдерских инструментов: были приобретены тахеометры Nikon, Leica, Trimble, Focus; лазерные сканирующие системы Optech, MDL; GPS-приемники Trimble и другая аппаратура. Практически осуществлен переход с оптических теодолитов и нивелиров на электронные тахеометры.

В 2008 г. силами маркшейдерской службы комбината создана базовая станция GPS, охватывающая территорию разрабатываемых и подлежащих освоению месторождений (рис. 2). В качестве базового центра системы используется фазовый центр (ФЦ) антенны Zephyr Geodetic, установленный на кровле здания. Для определения точных координат ФЦ проведена серия измерений по пунктам государственной геодезической сети III и IV класса — Асансуфа, Рысаево, Шартышка, Урляды, Баксанова, Табанды, Какбаш (см. рис. 2, б). В результате проведенной работы получен калибровочный файл, в среде которого можно получать значения координат измеряемых пунктов в режиме «статика».

Кроме режима «статика», маркшейдеры предприятия используют режим «кинематика реального времени» (RTK — Real Time Kinematic), который в сравнении с традиционными способами съемки и выноса проекта в натуру обеспечивает существенно более высокую производительность, контроль измерений в полевых условиях, возможность выполнения работ в режиме реального времени (RTK-режим), упрощенную обработку полученных данных и возможность проведения непрерывной съемки.

Освоение нового оборудования позволило перейти к этапу автоматизации маркшейдерских работ. Традиционная модель производства маркшейдерских работ в карьерах и шахтах не соответствует современным требованиям, возникла необходимость систематизации и оптимизации базы данных, перехода с бумажных носителей на электронный вид представления информации. В период тестирования программного обеспечения Surpac группой маркшейдеров Учалинского подземного рудника было начато самостоятельное изучение возможностей демонстрационной версии программного комплекса «МАЙНФРЭЙМ», разработанного в Кольском НЦ РАН и распространяемого белорусской компанией Credo-Dialogue. Другие программы этой компании («Кредо-Генплан», «Кредо Объемы», Credo-Dat, Credo-Ter) уже широко применяли в производственной деятельности маркшейдерских служб комбината. Программное обеспечение (ПО) «МАЙНФРЭЙМ» отличалось от других аналогичных продуктов простотой, понятным интерфейсом, применением общепринятой горной терминологии, а также оперативностью реагирования разработчиков на возникающие проблемы с доработкой комплекса под конкретные нужды предприятия. В 2012 г. на предприятии закупили три рабочих места и приняли ПО «МАЙНФРЭЙМ» в качестве основного для автоматизации работы маркшейдерской службы. Сначала был соз-



**Рис. 2. Базовая станция GPS (а) и калибровка ее фазового центра по пунктам государственной геодезической сети на территории деятельности предприятия (б)**

дан алгоритм действий при решении повседневных задач участкового маркшейдера, затем его тестировали одним работником, после чего распространяли по всему отделу.

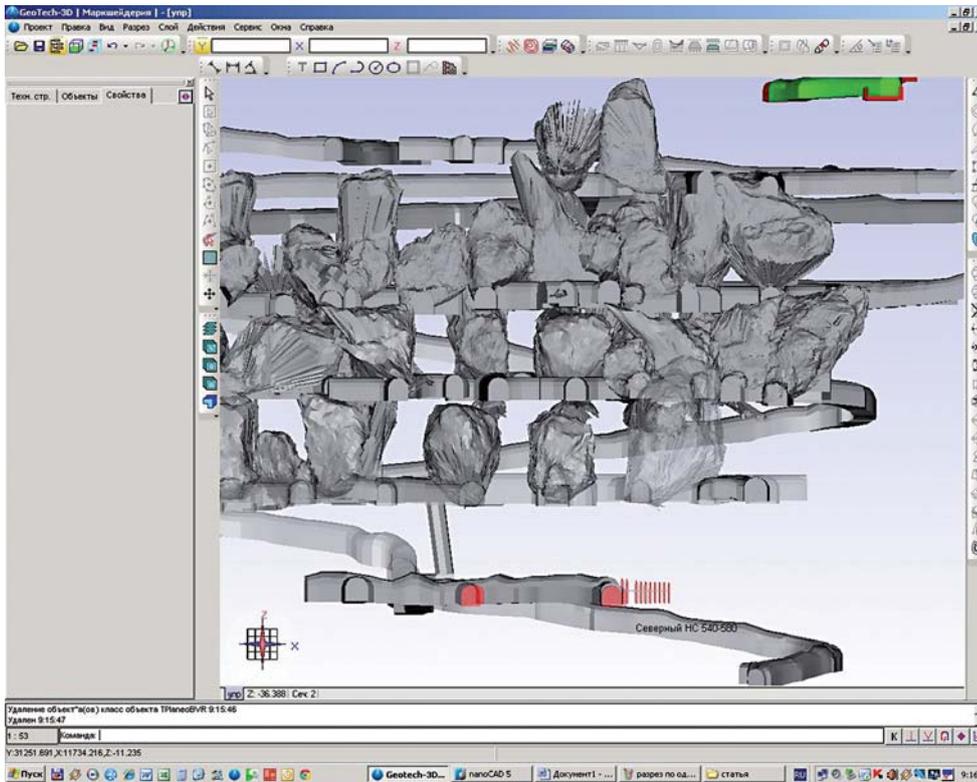
Построение трехмерных моделей выработок поначалу осуществляли посредством сканирования бумажных планшетов и создания двумерных векторных электронных планшетов формата DXF, из которых затем формировали трехмерную модель горной выработки. Со временем, когда основная часть выработок была пополнена, построение трехмерной модели проводили без сканирования бумажных планшетов, а напрямую после импорта данных с электронного тахеометра. С появлением электронных планшетов информация сначала отражалась на электронном планшете, а потом — на бумажном.

В тот же период была налажена работа со всеми видами электронных тахеометров на Учалинском руднике. Возможность интеграции программы с различных тахеометров в очередной раз доказала правильность выбора программного комплекса «МАЙНФРЭЙМ» для автоматизации маркшейдерских работ.

Следующим этапом освоения системы стала работа по созданию электронных каталогов координат. За время разработки Учалинского месторождения маркшейдерской службой создано более 5000 съемочных и опорных пунктов. Данные об этих пунктах хранились в бумажных журналах вычисления координат, что создавало определенные неудобства при поиске нужного пункта. В программе «Майнфрэйм-Маркшейдерия» существует функцио-

нал *Каталог маркшейдерских пунктов*, который позволил решать эти и другие задачи, возникающие при работе с маркшейдерскими пунктами. В программе координаты каждого пункта «вбивают» в определенную группу (по названию горизонта). *Каталог маркшейдерских пунктов* позволяет также работать с тахеометрией, расчетом прямых и обратных засечек, вычислять полигонометрические ходы и распределять невязки. К моменту создания единого электронного каталога координат маркшейдерский отдел Учалинского рудника был полностью укомплектован тахеометрами Nikon серии Nivo, которые позволяют выполнять съемку в координатах. Другими словами, в прибор встроен модуль, который рассчитывает координаты каждого съемочного пункта по ходу съемки. В результате после выполнения полевых работ возможно получение файла с координатами всех съемочных пунктов кровли, бортов и почвы выработки.

Разработчиками «МАЙНФРЭЙМ» был создан специальный инструментарий, позволяющий встраивать сечение выработки по линиям подошвы, бортов и кровли выработки. Таким образом, съемка выработки автоматизирована от момента съемки электронным тахеометром в безотражательном режиме до построения выработок в ПО «МАЙНФРЭЙМ». Следует отметить, что время обработки данных с использованием программного комплекса «МАЙНФРЭЙМ» сокращается в разы в сравнении с традиционными методами работы. Маркшейдер, выполняя работу по съемке объекта, может многократно увеличивать число

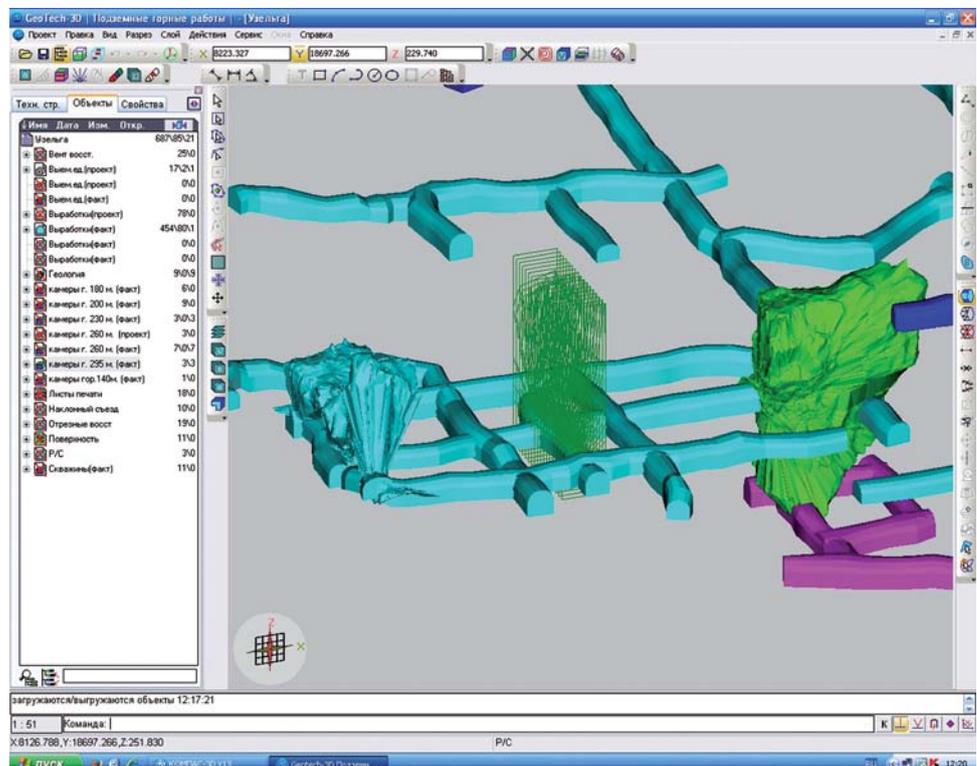


**Рис. 3. Трехмерная модель подземных выработок гор. 520, 480, 460 м с очистными пространствами отработанных и заложенных камер Учалинского рудника**

съемочных пунктов, зная, что их камеральная обработка составит не более 15–20 минут. При этом увеличение числа съемочных пунктов повышает точность и достоверность маркшейдерской съемки.

Подсчет объемов очистных пространств камер стал следующей стадией освоения комплекса. Съемку очистного пространства

камеры проводят лазерными сканирующими устройствами фирм Ortech и MDL (рис. 3). При этом использование программного комплекса позволяет, кроме трехмерного отображения очистного пространства, получать также разрезы по камере, которые после оформления выводятся на печать и используются для составления акта на закладочные работы. К каждому создаваемому объ-



**Рис. 4. Проект отработки камеры 8-го подэтажа 295/260 м рудного тела 5-а Верхнего яруса Узельгинского месторождения (в формате 3D-модели)**

екту можно прикрепить файл любого формата — будь то текстовый (\*.doc), либо растровое изображение (\*.jpg), что позволило присоединить к каждой камере акт на отработку и при необходимости быстро получать доступ к нему. Однако, как показала практика, работа с очистными пространствами камер стала одной из наиболее сложных в выполнении. Наличие «слепых» зон при съемке и затуманенность камеры создают определенные неудобства, влияя тем самым на точность подсчета объемов добычи полезного ископаемого. Эта проблема решается в тесном сотрудничестве с разработчиками программы, которые обещают в новой 6-й версии «МАЙНФРЭЙМ» доработать инструментарий\*.

Наличие актуальной маркшейдерской и геологической информации в электронном виде позволило приступить к автоматизированному проектированию на современном уровне. Сначала специалисты технических отделов рудников освоили инструментарий по проектированию горных выработок, в дальнейшем — проектирование БВР при очистной выемке запасов камер. Так, работниками технического отдела подземного рудника «Узельгинский» выполнен полностью в электронном виде (рис. 4) проект отработки камеры рудного тела 5-а Верхнего яруса одноименного месторождения.

При этом использовались программы: Surpac для получения геологической информации; «МАЙНФРЭЙМ» для проектирования БВР, создания разрезов и сечений; «Компас» для актуализированного оформления подготовленных листов с учетом требований ГОСТов и вывода на печать. Таким образом, сложился вполне работоспособный интегрированный комплекс различных программных продуктов, который позволяет решать текущие задачи на современном уровне.

Создание и освоение новых технологий геолого-маркшейдерского обеспечения горного производства проходит непросто. Не все работники имеют соответствующие знания и навыки; не полностью оснащены компьютерной и другой техникой отделы и службы подземных рудников; не сразу удается преодолеть сложившиеся десятилетиями традиции, подходы и методы. Но весомая поддержка со стороны руководства предприятия, последовательная творческая и результативная работа в этом направлении однозначно приведут к успеху.

Обобщая начальный опыт освоения программных комплексов и IT-технологий в производственную деятельность ОАО «Учалинский ГОК», можно сделать следующие выводы:

для различных сфер, способов и технологий горного производства возможно и целесообразно применение различных программных продуктов, тем более что пока в мире нет универсального ПО, позволяющего охватить весь разнообразный спектр процессов и технологий горного производства;

все программные продукты требуют доработки, «настройки» и адаптации под конкретные условия функционирования предприятия; наиболее эффективным для действующего предприятия является распространение программного комплекса «без отрыва от производства» путем постепенного замещения часто выполняемых ручных операций алгоритмом действий, направленных на автоматизацию.

Для горного производства ОАО «Учалинский ГОК» освоение IT-технологий является знаковым инновационным прорывом. У современных «молодых» предприятий нет деления на «новые» и «старые» технологии: они изначально оснащены новейшей техникой и технологией, в том числе программными комплексами и информационными системами; укомплектованы хорошо подготовленными в этой области молодыми специалистами. Учалинскому ГОКу пришлось переводить базу данных из бумажной в цифровую, от оптических приборов переходить к электронным, от бумажных носителей — на электронную модель, осваивать проектирование в трехмерном пространстве. Приходится преодолевать некие противоречия и консерватизм, связанные с разновозрастным составом специалистов, а также заниматься переподготовкой кадров «старой школы», их адаптацией к современным методам и технологиям производства работ, автоматизированного проектирования, планирования и управления. В этом плане можно констатировать успешный прорыв Учалинского ГОКа и одновременно сложность и многообразие предстоящих задач в области комплексной автоматизации. ГЖ

*Бобылева Елена Владимировна,  
e-mail: bo\_elena@ugok.ru*

*Моисеев Игорь Борисович,  
e-mail: ogg\_moiseev\_ib@ugok.ru*

*Маннанов Ахат Шавкатович,  
e-mail: gg\_mannanov\_ash@ugok.ru*

*Харисов Денис Радикович,  
e-mail: upr\_kharisov\_dr@ugok.ru*

#### NEW TECHNOLOGIES OF GEOLOGICAL AND SURVEYING SUPPORT IN A MINING COMPANY

**Bobyleva E. V.**<sup>1</sup>, Deputy Chief Surveyor, e-mail: bo\_elena@ugok.ru

**Moiseev I. B.**<sup>1</sup>, Chief Geologist

**Mannanov A. Sh.**<sup>1</sup>, Deputy Head of Production and Technical Department—Principal Mine Worker

**Kharisov D. R.**<sup>1</sup>, Underground Mine Surveyor

<sup>1</sup> Uchalinsky Mining and Processing Integrated Works JSC (Uchaly, Russia)

The article sets out the process of selecting a programming support for the Uchalinsky Mining and Processing Integrated Works JSC. The stages of introduction of Surpac software in geological departments of underground mines, creation of geological data bases and wire-frame and block modeling of ore bodies within the Uchalinsky Mining and Processing Integrated

\* Харисов Д. Р. Рудные богатства Учалы // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. 2013, № 2(49). С. 40–42.

ed Works JSC are described. The authors highlight the problems of using Surpac software in the surveying and technical departments. The modern facilities and equipment used in underground and surface surveying are listed. The twists and turns of using Mainframe software in 3D modeling of underground roadways in planning heading and production operations at the Uchalinsky Mining and Processing Integrated Works are detected. The positive results of close cooperation between Mainframe software designers and users are presented. The implications of the dedicated software introduction in the conditions of an operating enterprise are formulated.

**Key words:** mining company, geological and surveying support, software, equipment, information technologies, GPS stations, 3D modeling, designing, measurements, electronic information, development, problems, objectives.

REFERENCES

1. Kharisov D. R. Avtomatizirovannye tekhnologii izyskaniy i proektirovaniya — Automated technologies of explorations and designing, 2013, No. 2 (49), pp. 40–42.

УДК 004.03:622.12

Ф. Р. БАЙБУЛАТОВ, А. В. ЛАРИОНОВ, П. И. ЗАХАРКИН, М. Б. МУСЛИМОВ (ОАО «Учалинский ГОК»)

## СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ УЧАЛИНСКОГО ГОКа



Ф. Р. БАЙБУЛАТОВ,  
начальник Управления  
связи, автоматизации  
и информатизации



А. В. ЛАРИОНОВ,  
зам. начальника УСАИИ —  
начальник отдела  
информационных технологий



П. И. ЗАХАРКИН,  
начальник  
службы цифровых  
телекоммуникаций



М. Б. МУСЛИМОВ,  
главный метролог

В целях повышения эффективности работы автотранспорта в 2010–2011 гг. создана и освоена технология мониторинга, включающего: оперативное дистанционное отображение местонахождения на карте и параметров работы мобильных машин в режиме реального времени; контроль места, времени и объема заправок с расчетом фактического расхода топлива; подготовку отчетов о работе автотранспорта — пройденный маршрут по данным GPS-мониторинга, отрезки движения и стоянки,

В связи с увеличением числа объектов и объемов добычи руды подземным способом констатируется необходимость создания и освоения современных, в том числе беспроводных, систем связи, IT-технологий, автоматизированных систем мониторинга и управления в производственных процессах Учалинского ГОКа. Представлены реализованные в период 2010–2013 гг. шесть проектов: дистанционный мониторинг работы автотранспорта общего назначения; АСУ секцией флотации; автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов; технологическая система беспроводной связи Wi-Fi в подземном руднике; цифровое оборудование Armtel диспетчерской службы железнодорожного цеха; информационно-управленческая система «Видеоконференцсвязь».

**Ключевые слова:** горно-обогатительный комбинат, подземные работы, шахтная беспроводная связь Wi-Fi, дистанционный мониторинг, IT-технологии, учет и контроль расхода энергоресурсов, концепция развития.

Созданный в 1990-х годах на Учалинском ГОКе отдел информационных технологий решал в основном задачи, касающиеся учета и планирования, и в 2011 г. был преобразован в Управление связи, автоматизации и информации (УСАИИ) в целях создания автоматизированной информационной системы управления производственным процессом по всей технологической цепи. На первом этапе была поставлена задача обеспечения подразделений, структур и служб комбината современной системой связи и информирования, позволяющей оперативно и эффективно координировать их ранее относительно разрозненную деятельность. Ниже показаны некоторые примеры решения этих задач.

ки, работа двигателя. Диспетчерская служба автотранспортного цеха в любой момент может отследить оборудованную системой мониторинга машину, где бы она ни находилась — на территории комбината или за ее пределами — и выйти на связь с водителем.

Среди реализованных систем автоматизации следует отметить ввод в 2010–2011 гг. в главном корпусе обогатительной фабрики (ОФ) системы автоматизации IV секции флотации, интегрированной с системой аналитического контроля АСАК-3, что позволило технологическому персоналу получать оперативную информацию о параметрах флотации, качестве исходного питания, промпродуктов и концентрата, управляя таким образом процессом обогащения. В 2010 г. создана автоматизированная