



УДК 622.276:681.51

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2019

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СОЗДАНИИ ГОДОВЫХ ПЛАНОВ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

С.Н. Кутовой, А.В. Катаев, Е.М. Ефимов, А.В. Оверин

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29)

AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES WHILE CREATING ANNUAL MINING DEVELOPMENT PLANS

S.N. Kutovoi, A.V. Kataev, E.M. Efimov, A.V. Overin

Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolskiy av., Perm, 614990, Russian Federation)

Получена / Received: 29.04.2019. Принята / Accepted: 01.08.2019. Опубликовано / Published: 27.09.2019

Ключевые слова:

месторождение калийных солей, горно-геологическая информационная система, программный модуль, годовые планы развития горных работ, цифровые планы, система управления базами данными.

Приводятся результаты работ по автоматизации решения задач, стоящих перед техническими службами рудников ПАО «Уралкалий» при создании годовых планов развития горных работ (ГПРГР).

Годовой план определяет направления развития горных работ, объемы добычи полезных ископаемых, производства горно-подготовительных работ, объемы переработки минерального сырья, мероприятия по охране недр, рациональному и комплексному использованию минерального сырья, безопасному ведению работ.

В создании данного технического документа в основном принимают участие специалисты горного, геологического и маркшейдерского отделов рудников. Поэтому разработанные программные модули по планированию горных работ были распределены по программным комплексам, созданным для соответствующих служб.

В целом совокупность программных модулей, созданных для решения задач, связанных с разработкой ГПРГР, позволяет: подготавливать и анализировать исходные данные: проектные данные, плановые показатели производства продукции, нормы и нормативы, лицензионные условия на пользование недрами и др.; анализировать фактические и ожидаемые показатели ведения горных работ за период, предшествующий планируемому году; определять плановые показатели при ведении горных работ: оптимальные параметры системы разработки, объемы добычи полезных ископаемых, объемы производства горно-подготовительных и закладочных работ; определять плановую производительность средств механизации и осуществлять расстановку средств механизации при ведении горных работ; определять нормативы плановых потерь и разубоживания полезного ископаемого по каждой выемочной единице; использовать созданные 3D-модели геологической среды и горных выработок для принятия оптимальных решений при планировании размещения горных выработок; составлять и подготавливать к печати табличную, графическую и текстовую документацию к ГПРГР.

Key words:

potash salt deposit, mining and geological information system, program module, annual mining development plans, digital plans, database management system.

The results of work to automate the solution of the tasks facing the technical services of the mines of Uralkali PJSC when creating annual mining development plans (AMDP) are presented. The annual plan determines the directions of development of mining operations, volumes of mining, mining and preparatory work, volumes of processing of mineral raw materials, measures for the protection of mineral resources, the rational and integrated use of mineral raw materials, and the safe conduct of work. The creation of this technical document is mainly attended by specialists from the mining, geological and surveying departments of mines. Therefore, the developed software modules for planning mining operations were distributed among the software systems created for the respective services. In general, the totality of software modules created to solve the problems associated with the development of the AMDP allows to: prepare and analyze the source data: design data, planned production indicators, norms and standards, licensing conditions for the use of subsoil, etc.; analyze the actual and expected indicators of mining operations for the period preceding the planned year; to determine the planned indicators for mining operations: the optimal parameters of the development system, the volume of mining, the volume of production of mining and preparatory and laying operations; determine the planned productivity of the means of mechanization and carry out the arrangement of the means of mechanization in mining; determine the standards for planned losses and dilution of minerals for each mining unit; use the created 3D-models of the geological environment and mine workings to make optimal decisions when planning the placement of mine workings; compile and prepare for printing tabular, graphical and textual documentation for the AMDP.

Кутовой Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (тел.: +007 950 450 60 09, e-mail: kutovoysn@mail.ru). Контактное лицо для переписки.

Катаев Анатолий Вениаминович – кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (тел.: +007 902 476 87 78, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

Ефимов Евгений Михайлович – старший инженер кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (тел.: +007 902 473 35 53 87, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

Оверин Антон Вадимович – инженер кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (тел.: +007 902 790 05 15, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

Sergey N. Kutovoi – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Mine Surveying, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 950 450 60 09, e-mail: kutovoysn@mail.ru). The contact person for correspondence.

Anatoly V. Kataev – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Mine Surveying, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 902 476 87 78, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

Evgeny M. Efimov – Senior Engineer of the Department of Mine Surveying, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 902 473 35 53 87, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

Anton V. Overin – Engineer of the Department of Mine Surveying, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 902 790 05 15, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

Введение

Эффективное планирование горных работ является важнейшим и во многом определяющим фактором успешной работы любого горнодобывающего предприятия. При планировании необходимо учитывать множество параметров, просматривать различные варианты развития горных работ и выбирать из них наиболее оптимальные. В решении этих задач большую помощь оказывают современные программные комплексы.

Бурное развитие информационных технологий привело к появлению на мировом рынке более десятка таких программных комплексов, которые включают в себя различные модули планирования подземных горных работ [1–4]. К наиболее известным горно-геологическим информационным системам, используемым за границей в горной промышленности при проектировании, планировании и управлении основным производством по добыче полезных ископаемых, можно отнести: Gemcom (Канада) [5], Surpac (Software International, Австралия) [6], Datamine (MIC Ltd, Великобритания) [7], Micromine (Micromine Pty Ltd, Австралия) [8], Vulcan (Marpac, Австралия) [9], MineScape (Mincom, Австралия) [10], Geovia Surpac™ (Vélizy-Villacoublay, Франция) [11], Techbase (Minesoft, США) и др.

Однако, как отмечают некоторые специалисты [12–14], перечисленные интегрированные системы не могут полностью охватить весь спектр специализированных задач, стоящих перед горными предприятиями, в том числе задач горного планирования. Поэтому область горного планирования постепенно становится объектом специализированных разработок, осуществляемых отдельными компаниями. Наиболее известными среди них являются системы: MINE2-4D (AST Mining, Канада) [15], MineMAX Planne (MineMAX Pty Ltd., Австралия) [16], Four-X Analyser (Whittle Programming, Австралия) [17], NPV Scheduler (США) и др.

Внедрение на горных предприятиях России зарубежных интегрированных систем и специализированных программных пакетов для целей планирования горного производства сталкивается с серьезными трудностями, к примеру, сложность, а иногда и невозможность адаптации к особенностям существующей нормативно-правовой базы, а также к требованиям корпоративных стандартов и правилам техники безопасности; в силу закрытости программных

кодов трудность модификации систем силами самих пользователей и, как следствие этого, невозможность их адаптации к особенностям принятого на данном горном предприятии рабочего процесса; удаленность разработчиков; высокая стоимость самих систем и их авторской поддержки. В последние годы к этим причинам добавилась еще одна – возможность наложения санкций со стороны стран – разработчиков систем на их продажу российским предприятиям и последующую поддержку.

Российские разработки горно-геологических информационных систем пока неконкурентоспособны. Но в последние годы работы в этом направлении ведутся. В настоящее время разрабатываются отечественные программные продукты, ориентированные на решение производственных задач конкретного горного предприятия или группы предприятий, обрабатывающих однотипные месторождения полезных ископаемых. В частности, уже используются в работе горных предприятий программные комплексы, созданные в Апатитах (Горный институт Кольского научного центра РАН), Белгороде («Виогем»), Москве («Интеграл»), Перми (Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ)) и некоторых других местах [18–27].

Организация процесса разработки годовых планов развития горных работ на рудниках ПАО «Уралкалий»

Традиционно планирование горных работ разделяется на долгосрочное (более 5 лет), среднесрочное (до 5 лет) и краткосрочное (до 1 года).

В рамках данной статьи рассматриваются результаты работы авторов по автоматизации решения производственных задач, стоящих перед специалистами горных, геологических и маркшейдерских отделов рудников ПАО «Уралкалий» при создании годовых планов развития горных работ, т.е. речь пойдет о краткосрочном планировании, сроком до одного года.

Основу годового плана развития горного предприятия составляет техническая часть, которая определяет направления развития горных работ, объемы добычи полезных ископаемых, производства очистных и горно-подготовительных работ, объемы переработки минерального сырья, мероприятия по охране недр, рациональному и комплексному использованию минерального сырья, безопасному ведению работ.

Таблица 1

Содержание работ, выполняемых различными подразделениями горного предприятия в процессе составления годового плана

№ п/п	Содержание работы	Исполнители
1	Издание приказа о порядке и сроках разработки плана	Главный инженер рудоуправления. Планово-экономический отдел
2	Формирование объема продаж	Служба маркетинга (сбыта)
3	Разработка производственной программы (годовые планы развития горных работ)	Технические подразделения горных предприятий (в том числе маркшейдерское, геологическое, горное и геомеханическое)
4	Составление плана производства и реализации	Планово-экономический отдел и отдел сбыта
5	Разработка норм и нормативов	Все функциональные службы
6	Планирование материально-технического обеспечения	Отделы материально-технического обеспечения и планово-экономический отдел
7	Планирование персонала и фонда оплаты труда	Отделы труда и зарплаты и планово-экономический отдел
8	Планирование себестоимости и прибыли	Планово-экономический отдел, финансовый отдел
9	План инвестиций и капитального строительства	Отдел капитального строительства
10	Финансовое планирование (бюджетирование)	Финансовый отдел и планово-экономический отдел

Не менее важную часть годового плана развития горного предприятия составляют разделы, связанные с финансово-экономической, маркетинговой, юридической, политической, экологической и другими видами оценок (табл. 1). Однако в данной статье эти вопросы не рассматриваются.

Годовой план развития горных работ (ГПРГР) – основной документ, регламентирующий техническую и производственную деятельность любого горнодобывающего предприятия, имеет силу юридического закона и должен выполняться по всем количественным и качественным показателям [28].

В российской действительности все составные части годового плана горного производства регламентируются большим количеством нормативных документов [29–32 и др.]. На рудниках ПАО «Уралкалий», помимо требований государственных нормативных документов, при создании ГПРГР соблюдают требования руководящих материалов к безопасному ведению горных работ, учитывающих особенности отработки Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей [33–35 и др.].

На пяти действующих и двух строящихся рудниках компании годовые планы разрабатываются подразделениями технической дирекции и дирекции по недропользованию. Структура данного технического документа определяется внутренним нормативным документом [36] и состоит из четырех книг и приложений:

Книга 1. Пояснительная записка с табличными материалами.

Книга 2. Графическая часть.

Книга 3. Нормативы потерь и разубоживания.

Книга 4. Переработка минерального сырья.

Приложения.

Принципиальная схема, отображающая участие каждого из технических подразделений горного предприятия в процессе создания ГПРГР и направление движения технической документации, представлена на рис. 1.

Автоматизация производственных процессов при создании годовых планов развития горных работ

Первые разработки авторов, связанные с автоматизацией работ при создании ГПРГР на



Рис. 1. Общая схема взаимодействия технических отделов горного предприятия при формировании годовых планов развития горных работ

базе цифровых маркшейдерских планов, были выполнены в период с 2000 по 2003 г. [37–41]. Созданные за это время программные модули ориентировались прежде всего на специалистов горных, геологических и маркшейдерских подразделений рудников ОАО «Сильвинит» и ОАО «Уралкалий» (в мае 2011 г. произошло слияние компаний ОАО «Сильвинит» и ОАО «Уралкалий» под общим брендом ПАО «Уралкалий»). Эти программы решали в основном задачи, связанные с оформлением графической документации на цифровых планах горных работ и их переносом на бумажные носители, а также с определением плановых нормативов потерь, разубоживания и объемов добычи полезного ископаемого.

В 2014 г. в ПАО «Уралкалий» приступили к созданию корпоративной горно-геологической информационной системы (ГИС ПАО «Уралкалий»). Работы ведутся при непосредственном участии авторов данной статьи [24, 25]. В разработке этого проекта была поставлена задача более комплексного подхода к вопросам автоматизации работ при планировании горных работ.

Поскольку при создании ГПРГ задействованы различные технические службы горного предприятия, то и разрабатываемые программные модули ориентировались под специалистов конкретных отделов и служб этого предприятия. Списки используемых программных модулей каждым из технических отделов рудников приведены на рис. 2.

Последовательность выполнения работ на каждом этапе планирования, ответственные подразделения горных предприятий, отвечающие

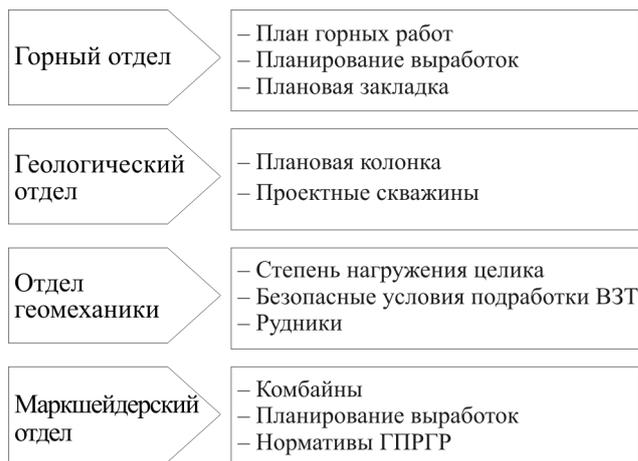


Рис. 2. Перечень программных модулей, используемых специалистами технических отделов рудников при создании ПРГР

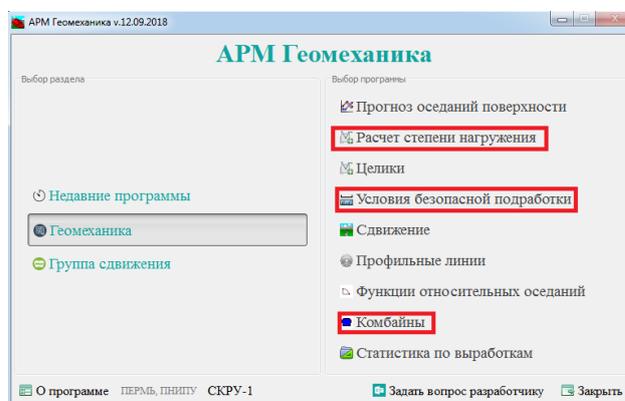


Рис. 3. Меню АРМ геомеханика с выделенными программами, используемыми при планировании горных работ

за выполнение этих работ, и названия программных модулей, разработанных сотрудниками Пермского национального исследовательского политехнического университета, с помощью которых производится решение поставленных задач, приведены в табл. 2. В квадратных скобках в таблице приведены ссылки на публикации авторов, в которых можно более подробно ознакомиться с функционалом перечисленных программ.

Каждый программный модуль, разработанный для целей автоматизации решения задач при создании ГПРГ, входит в состав автоматизированных рабочих мест (АРМ) специалистов соответствующих технических подразделений горного предприятия. Более подробно с информацией о структуре создаваемых программных комплексов (АРМ) можно ознакомиться в работе [25]. Для примера на рис. 3 приведен вид меню АРМ геомеханика со списком входящих в него программных модулей.

Таблица 2

**Последовательность и перечень решаемых задач на этапах планирования горных работ
с помощью разработанных сотрудниками ПНИПУ программных модулей**

Этапы планирования	Содержание работ и решаемые задачи на этапах планирования	Исполнители	АРМ/Программный модуль
I	1. Приказ о разработке ГПРГР	Главный инженер ПАО «Уралкалий»	–
	2. План производства по добыче полезного ископаемого с разбивкой по типам (сильвинит, карналлит)	Отделы: планово-экономический, материально-технический, финансовый	–
II	Разработка проектной документации к ГПРГР: – проектные зоны к отработке полезных ископаемых; – проектные параметры потерь и разубоживания полезных ископаемых; – проектные параметры сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности в районе ведения планируемых горных работ и др.	ОАО «Галургия»	–
III	1. Распределение плановых объемов добычи полезного ископаемого по комбайнам, видам работ, горным участкам, а также по типам (карналлит, сильвинит) на каждый месяц. 2. Оконтуривание на цифровых планах горных работ плановых площадей отработки каждого комбайна. 3. Распределение плановых объемов закладки выработанного пространства по панелям и блокам на каждый месяц в зависимости от вида закладки (в том числе по мерам охраны). 4. Формирование и подготовка к печати типовой графической и табличной документации к ГПРГР 5. Формирование поперечных сечений планируемых горных выработок на основе результатов маркшейдерских измерений сечений исполнительных органов проходческих комбайнов. 6. Вычисление средних удельных потерь отбитой рудной массы для выбранного комбайна. 7. Просмотр информации по плановым объемам добычи для выбранного комбайна. 8. Формирование и подготовка к печати документации по комбайнам к ГПРГР	Горный отдел	АРМ горняка / План горных работ
		Маркшейдерский отдел	АРМ маркшейдера / Комбайны [42]
IV	1. Вычисление усредненных геологических колонок на проектные площади отработки. 2. Определение качественных и количественных показателей горных пород по выбранной проектной зоне отработки. 3. Определение планового положения скважин для определения физико-механических свойств горных пород и местоположения бороздового опробования. 4. Просмотр цифровых планов горных работ с информацией: о раскройке шахтного поля по панелям и блокам, границах зон замещений полезных ископаемых вмещающими породами, об отработанных площадях и границах проектных зон отработки. 5. Подготовка исходных геологических данных для определения параметров системы разработки. 6. На основе проектных данных предварительный расчет координат осей камер в пределах границ проектных зон. 7. Нанесение на цифровой план предварительного положения горных выработок (капитальные, подготовительные, очистные) и границ выемочных единиц с календарной разбивкой по кварталам. 8. Расчет плановых объемов закладки выработанного пространства с учетом способа закладки (гидравлический, механический, комбинированный). 9. Моделирование процесса гидравлической закладки для целей определения оптимального проектного положения закладочных скважин и перемычек. 10. Нанесение на цифровой план горных работ, а также продольные и поперечные сечения горных выработок плановой закладки. 11. Формирование и подготовка к печати графической и табличной типовой документации по закладке к ГПРГР	Геологический отдел	АРМ геолога / Плановая колонка [26] АРМ геолога / Проектные скважины [26]
		Маркшейдерский отдел	АРМ маркшейдера/ Планирование выработок [34]
		Горный отдел	АРМ горняка / Плановая закладка [43]
V	1. Расчет степени нагружения целика для уточнения проектных параметров системы разработки с учетом соблюдения требований мер охраны при ведении горных работ. 2. Формирование и подготовка к печати графической и табличной типовой документации к ГПРГР. 3. Проверка безопасных условий подработки водозащитной толщи (ВЗТ) при уточненных значениях параметров системы разработки. 4. Формирование и подготовка к печати графической и табличной типовой документации к ГПРГР. 5. Корректировка границ проектных зон исходя из уточненных проектных параметров системы разработки (определяются границы плановых зон по данным геомеханических расчетов). 6. «Привязка» атрибутивной информации к графическим объектам плановых зон отработки. 7. Вычисление плановых значений разубоживания по плановым зонам.	Отдел геомеханики	АРМ геомеханика/ Степень нагружения целика [41] АРМ геомеханика/ Безопасные условия подработки ВЗТ [41, 45, 46] АРМ геомеханика / Рудники [29]
		Геологический отдел	АРМ геолога / Плановая колонка
VI	1. Пересчет качественных и количественных показателей рудной массы в пределах уточненных границ плановых зон и с учетом типов запланированных горных работ (очистных, подготовительных, капитальных). 2. Корректировка координат осей горных выработок исходя из измененных усредненных показателей геологических колонок и параметров системы разработки в пределах уточненных границ плановых зон	Геологический отдел	АРМ геолога / Плановая колонка
		Маркшейдерский отдел	АРМ маркшейдера / Планирование выработок
VII	1. По уточненному положению осей горных выработок определение параметров и нанесение на цифровой план горных работ границ выемочных единиц, а также границ очистных и подготовительных горных выработок с календарной разбивкой по кварталам (цветовая раскраска). 2. Формирование и подготовка к печати графической и табличной типовой документации к ГПРГР	Горный отдел	АРМ горняка / Планирование выработок
VIII	1. Расчет значений плановых нормативов потерь полезных ископаемых по каждой выемочной единице. 2. Формирование и подготовка к печати графической и табличной типовой документации к ГПРГР	Маркшейдерский отдел	АРМ маркшейдера / Нормативы ГПРГР [44]

Модульная структура программных комплексов позволяет оснащать рабочее место каждого пользователя в соответствии с его запросами.

Работа всех созданных программных модулей производится под управлением операционной системы Windows, не ниже седьмой версии с использованием протокола TCP/IP и на основе архитектуры «клиент-сервер». В качестве системы управления базами данных применяют Oracle 12c (12.1.0.1). Программные коды модулей разрабатывались на языке программирования C++.

Графическая визуализация производится в ГИС QGIS. Создание и правила работы с цифровой графической документацией определены в разработанном авторами классификаторе объектов цифровых планов и карт [37].

Заключение

В заключение необходимо отметить, что во время написания статьи сотрудниками кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем ПНИПУ в рамках работ над созданием ГГИС ПАО «Уралкалий» разработан 91 программный модуль (в том числе 10 программ по планированию горных работ), который распределен между 21 автоматизированным рабочим местом различных специалистов горного производства (начиная от первичного звена на рудниках и кончая руководством предприятия). В настоящий момент работы над созданием ГГИС ПАО «Уралкалий» продолжаются, поэтому общее количество программ, скорее всего, изменится в большую сторону.

Разработанные программные модули для целей планирования горного производства прошли этап опытно-промышленной эксплуатации и на момент написания статьи введены в промышленную эксплуатацию на рудниках ПАО «Уралкалий».

Библиографический список

1. Некрасова О.И. Обзор компьютерных систем геолого-маркшейдерского профиля [Электронный ресурс]. – URL: https://www.docme.ru/doc/1535886/obzor-komp_yuternyh-sistem-geologo-markshejderskogo-profilya (дата обращения: 09.02.2019).

2. Geotechnical & geoenvironmental software directory [Электронный ресурс]. – Bedrock,

2014. – URL: <http://www.ggsd.com/index.cfm> (дата обращения: 06.03.2019).

3. Earth science and GIS software. – Rockware, 2014. – URL: <http://www.ggsd.com/index.cfm> (дата обращения: 06.03.2019).

4. Белгородцев О.В., Савин Е.М. Автоматизированное планирование подземных горных работ // Черная металлургия. – 2013. – № 10 (1366). – С. 15–19.

5. GEMCOM: сайт. – URL: <http://www.gemcom.bc.ca> (дата обращения: 05.04.2019).

6. SURPAC: сайт. – URL: <http://www.surpac.au> (дата обращения: 05.04.2019).

7. DATAMINE: сайт. – URL: <http://www.datamine.co.uk> (дата обращения: 05.04.2019).

8. Micromine: сайт. – URL: <https://www.micromine.com/> (дата обращения: 05.04.2019).

9. VULCAN: сайт. – URL: <http://www.martek.com> (дата обращения: 05.04.2019).

10. MineScape: сайт. – URL: <http://www.abb.com> (дата обращения: 05.04.2019).

11. GEOVIA: сайт. – URL: <https://www.3ds.com> (дата обращения: 05.04.2019).

12. Капутин Ю.Е. Информационные технологии планирования горных работ. – СПб.: Недра, 2004. – 334 с.

13. Наговицын О.В., Лукичев С.В. Горно-геологические информационные системы, область применения и особенности построения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 7. – С. 71–83.

14. Аленичев В.М., Суханов В.И. Перспективы внедрения горно-геологических информационных систем на отечественных горных предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 8. – С. 5–15.

15. MINE2-4D: сайт. – URL: <http://www.mine24d.com> (дата обращения: 05.04.2019).

16. MineMAX Planne: сайт. – URL: <http://www.minemax.com> (дата обращения: 05.04.2019).

17. Four-X Analyser: сайт. – URL: <http://www.whittle.com.au> (дата обращения: 05.04.2019).

18. Звонарев А.Ю., Горцуев А.М. Современные информационные технологии в проектировании и планировании горных работ // Записки горного института. – СПб.: СПбГУ, 2012. – Т. 198. – С. 91–94.

19. MINEFRAME – подходы к решению задач проектирования и планирования горных работ / С.В. Лукичев, О.В. Наговицын, И.Э. Семенова, О.В. Белгородцев // Инновационные направления в проектировании

горнодобывающих предприятий: сб. науч. тр. – СПб., 2017. – С. 50–58.

20. ГИС ГЕОМИКС для горной промышленности России и Казахстана / Ю.И. Волков, С.С. Серый, В.А. Дунаев, А.В. Герасимов // Горный журнал. – 2015. – № 5. – С. 32–34. DOI: 10.17580/gzh.2015.05.02

21. Кубрин С.С. Автоматизированная система управления горным производством как платформа комплексирования технологических стадий и операций в единый технологический процесс // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 11. – С. 96–107.

22. Внедрение ГИС-технологий на калийных рудниках Урала / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, А.О. Киселев, Ю.В. Круглов // Известия ВУЗ (ов). Горный журнал. – 2003. – № 2. – С. 111–116.

23. Катаев А.В., Кутовой С.Н. Разработка концепции информационной системы ОАО «Сильвинит» // Маркшейдерский вестник. – 2003. – № 2. – С. 21–25.

24. Создание горно-геологической информационной системы горных предприятий / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, Е.М. Ефимов, Д.А. Мейстер // Рудник будущего. – 2014. – № 3–4. – С. 38–49.

25. Создание горно-геологической информационной системы ПАО «Уралкалий» / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, Е.М. Ефимов, Д.А. Мейстер // Проблемы недропользования. – 2016. – № 2. – С. 26–31. DOI: 10.18454/2313-1586.2016.02.026

26. Катаев А.В., Кутовой С.Н. Разработка модели геологической среды для рудников Верхнекамского месторождения калийных солей // Маркшейдерский вестник. – 2003. – № 2. – С. 25–27.

27. Катаев А.В., Кутовой С.Н., Кутырев В.Ф. Опыт создания ГИС геолого-маркшейдерской службы // Геопрофи. – 2002. – № 6. – С. 5–7.

28. О недрах: Федеральный закон Российской Федерации: утв. Президентом РФ 03.03.2019, Ст. 2, п. 2 [Электронный ресурс]. – URL: docs.cntd.ru/document/9003403 (дата обращения: 12.03.2019).

29. Об утверждении Правил подготовки, рассмотрения и согласования планов и схем развития горных работ по видам полезных ископаемых: Постановление правительства РФ от 06.08.2015 № 814 [Электронный ресурс]. – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102377075> (дата обращения: 05.04.2019).

30. Об утверждении Требований к планам и схемам развития горных работ в части

подготовки, содержания и оформления графической части и пояснительной записки с табличными материалами по видам полезных ископаемых, графику рассмотрения планов и схем развития горных работ, решению о согласовании либо отказе в согласовании планов и схем развития горных работ, форме заявления пользователя недр о согласовании планов и схем развития горных работ: Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29.09.2017 № 401 [Электронный ресурс]. – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102451169> (дата обращения: 05.04.2019).

31. Единые правила безопасности (ЕПБ) при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом: ПБ 03-553-03 / Ростехнадзор. – М.: Промышленная безопасность, 2009.

32. Правила охраны недр: ПБ 07-601-03 / Госгортехнадзор России; ФГУП НТЦ «Промышленная безопасность». – М., 2003. – 64 с.

33. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов на Верхнекамском месторождении калийно-магниевого солей / ГИ УрО РАН. – СПб., 2014. – 130 с.

34. Указания по допустимым условиям подработки эксплуатируемых зданий и сооружений на Верхнекамском месторождении калийных солей / ВНИИГ. – СПб., 2004. – 46 с.

35. Ведение горных работ на рудниках Верхнекамского калийного месторождения: метод. руководство / В.А. Соловьев [и др.]; под общ. ред. В.А. Соловьева. – М.: Недра, 1992. – 467 с.

36. Методические рекомендации к «Указаниям по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов на Верхнекамском месторождении калийно-магниевого солей» / ГИ УрО РАН. – СПб., 2014. – 65 с.

37. Кутовой С.Н., Круглов Ю.В. Автоматизация планирования горных работ на базе цифровых маркшейдерских планов // Наука производству. – 2002. – № 4. – С. 5–7.

38. Автоматизированное рабочее место маркшейдера на базе цифровых планов горных работ / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, А.В. Телицын, Е.В. Нестеров, М.В. Гилев // Маркшейдерский вестник. – 2003. – № 2. – С. 28–31.

39. Автоматизация маркшейдерских вычислений и их графического оформления на

цифровых планах горных работ / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, А.В. Телицын, Е.В. Нестеров // Наука производству. – 2003. – № 10. – С. 24–31.

40. Методика создания цифровых маркшейдерских планов для рудников Верхнекамского месторождения калийных солей / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, А.О. Киселев, С.А. Кислухина, М.В. Гилев // Проблемы формирования и комплексного освоения месторождений солей. VI солевое совещание: материалы междунар. конф. – Соликамск, 2000. – С. 82–84.

41. Катаев А.В., Кутовой С.Н. Решение задач горной геомеханики на базе геологической модели массива // Современные геомеханические методы в горной промышленности и подземном гражданском и туннельном строительстве: материалы междунар. геомеханич. конф. – Несебыр, 2003. – С. 19–22.

42. Развитие рабочего места участкового маркшейдера, рабочего места маркшейдера отдела капитальных маркшейдерских работ, поддержка и развитие программных модулей обеспечения геомеханических расчетов: отчет о работе. – Пермь, 2016. – 69 с.

43. Опыт работ по автоматизации обработки маркшейдерских замеров закладки выработанного пространства на рудниках ПАО «Уралкалий» / С.Н. Кутовой, А.В. Катаев, Д.А. Васенин, Е.М. Ефимов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 174–182. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.2.8

44. Эксплуатационные потери и разубоживание в информационной системе ОАО «Сильвинит» / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, Е.М. Ефимов, М.В. Гилев // Маркшейдерский вестник. – 2009. – № 3. – С. 36–40.

45. Кутовой С.Н. Расчет прогнозных оседаний земной поверхности с использованием интеграционных сеток на примере отработки Верхнекамского месторождения калийных солей // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2012. – № 7. – С. 37–44.

46. Кутовой С.Н., Катаев А.В., Мейстер В.А. Вычисление прогнозных оседаний земной поверхности над границами горных работ с использованием цифровых планов и интеграционных сеток // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2014. – № 8. – С. 71–77.

References

1. Nekrasova O.I. Obzor kompiuternykh sistem geologo-marksheiderskogo profilya [Overview of computer systems of geological surveying profile], available: https://www.docme.ru/doc/1535886/obzor-komp._yuternyh-sistem-geologo-marksheiderskogo-profilya (accessed 09 February 2019).

2. Geotechnical & geoenvironmental software directory, available at: <http://www.ggsd.com/index.cfm> (accessed 06 March 2019).

3. Earth science and GIS software, available at: <http://www.ggsd.com/index.cfm> (accessed 06 March 2019)

4. Belogorodtsev O.V., Savin E.M. Avtomatizirovannoe planirovanie podzemnykh gornykh rabot [Automated underground mining planning]. *Chernaia metallurgiya*, 2013, no.10 (1366), pp.15-19.

5. GEMCOM, available at: <http://www.gemcom.bc.ca> (accessed 05 April 2019).

6. SURPAC, available at: <http://www.surpac.au> (accessed 05 April 2019).

7. DATAMINE, available at: <http://www.datamine.co.uk> (accessed 05 April 2019).

8. Micromine, available at: <https://www.micromine.com/> (accessed 05 April 2019).

9. VULCAN, available at: <http://www.maptek.com> (accessed 05 April 2019).

10. MineScape, available at: <http://www.abb.com> (accessed 05 April 2019).

11. GEOVIA, available at: <https://www.3ds.com> (accessed 05 April 2019).

12. Kaputin Iu.E. Informatsionnye tekhnologii planirovaniia gornykh rabot [Information Technology Mining Planning]. Saint Petersburg, Nedra, 2004, 334 p.

13. Nagovitsyn O.V., Lukichev S.V. Gorno-geologicheskie informatsionnye sistemy, oblast primeneniia i osobennosti postroeniia [Mining and geological information systems, scope and construction features]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*, 2016, no.7, pp.71-83.

14. Alenichev V.M., Sukhanov V.I. Perspektivy vnedreniia gorno-geologicheskikh informatsionnykh sistem na otechestvennykh gornykh predpriatiiakh [Prospects for the implementation of mining and geological information systems in domestic mining enterprises]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*, 2016, no.8, pp.5-15.

15. MINE2-4D, available at: <http://www.mine-24d.com>» (accessed 05 April 2019).
16. MineMAX Planne, available at: <http://www.minemax.com> (accessed 05 April 2019).
17. Four-X Analyser, available at: <http://www.whittle.com.au> (accessed 05 April 2019).
18. Zvonarev A.Iu., Gortsuev A.M. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i planirovanii gornyx rabot* [Modern information technology in the design and planning of mining]. *Zapiski gornogo instituta*. Saint Petersburg, SPbGU, 2012, vol.198, pp.91-94.
19. Lukichev S.V., Nagovitsyn O.V., Semenova I.E., Belogorodtsev O.V. *MINEFRAME – podkhody k resheniiu zadach proektirovaniia i planirovaniia gornyx rabot* [MINEFRAME – approaches to solving problems of design and planning of mining operations]. *Innovatsionnye napravleniia v proektirovanii gornodobyvaiushchikh predpriatii. Sbornik nauchnykh trudov*. Saint Petersburg, 2017, pp.50-58.
20. Volkov Iu.I., Seryi S.S., Dunaev V.A., Gerasimov A.V. *GIS GEOMIKS dlia gornoi promyshlennosti Rossii i Kazakhstana* [GIS GEOMIX for the mining industry of Russia and Kazakhstan]. *Gornyi zhurnal*, 2015, no.5, pp.32-34. DOI: 10.17580/gzh.2015.05.02
21. Kubrin S.S. *Avtomatizirovannaia sistema upravleniia gornym proizvodstvom kak platforma kompleksirovaniia tekhnologicheskikh stadii i operatsii v edinyi tekhnologicheskii protsess* [Automated control system for mining as a platform for integrating technological stages and operations into a single technological process]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten*, 2016, no.11, pp.96-107.
22. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Kiselev A.O., Kruglov Iu.V. *Vnedrenie GIS-tekhnologii na kaliinykh rudnikakh Urala* [The introduction of GIS technology in the Ural potash mines]. *News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2003, no.2, pp.111-116.
23. Kataev A.V., Kutovoi S.N. *Razrabotka kontseptsii informatsionnoi sistemy OAO “Silvinit”* [Development of the concept of the information system of Silvinit OJSC]. *Marksheiderskii vestnik*, 2003, no.2, pp.21-25.
24. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Efimov E.M., Meister D.A. *Sozdanie gorno-geologicheskoi informatsionnoi sistemy gornyx predpriatii* [Creation of a mining and geological information system for mining enterprises]. *Rudnik budushchego*, 2014, no.3-4, pp.38-49.
25. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Efimov E.M., Meister D.A. *Sozdanie gorno-geologicheskoi informatsionnoi sistemy PAO «Uralkalii»* [Creation of mining and geological information system of PJSC Uralkali]. *Problemy nedropolzovaniia*, 2016, no.2, pp.26-31. DOI: 10.18454/2313-1586.2016.02.026
26. Kataev A.V., Kutovoi S.N. *Razrabotka modeli geologicheskoi sredy dlia rudnikov Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei* [Development of a model of the geological environment for the mines of the Verkhnekamsk potash deposit]. *Marksheiderskii vestnik*, 2003, no.2, pp.25-27.
27. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Kutyrev V.F. *Opyt sozdaniia GIS geologo-marksheiderskoi sluzhby* [The experience of creating a GIS geological surveying service]. *Geoprofi*, 2002, no.6, pp.5-7.
28. *O nedrakh: Federalnyi Zakon Rossiiskoi Federatsii* [“On Subsoil”: Federal Law of the Russian Federation: State Duma on 08.02.95, approved. The President of the Russian Federation 03.03.19, article 22, paragraph 2], available at: docs.cntd.ru/document/9003403 (accessed 12 March 2019).
29. *Ob utverzhdenii Pravil podgotovki, rassmotreniia i soglasovaniia planov i skhem razvitiia gornyx rabot po vidam poleznykh iskopaemykh* [On approval of the Rules for the preparation, review and approval of plans and schemes for the development of mining by types of minerals]. *Postanovlenie pravitelstva RF ot 06.08.2015 no.814*, available at: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102377075> (accessed 05 April 2019).
30. *Ob utverzhdenii Trebovaniia k planam i skhemam razvitiia gornyx rabot v chasti podgotovki, soderzhaniia i oformleniia graficheskoi chasti i poiasnitelnoi zapiski s tablichnymi materialami po vidam poleznykh iskopaemykh, grafiku rassmotreniia planov i skhem razvitiia gornyx rabot, resheniiu o soglasovanii libo otkaze v soglasovanii planov i skhem razvitiia gornyx rabot, forme zaiavleniia polzovatel'ia nedr o soglasovanii planov i skhem razvitiia gornyx rabot* [On approval of the Requirements for plans and schemes for the development of mining in terms of preparation, maintenance and design of the graphic part and explanatory note with table materials on types of minerals, a schedule for reviewing plans and schemes for the development of mining, a decision on approval

or refusal to agree on plans and development schemes mining operations, the subsoil user application form on the coordination of plans and schemes for the development of mining]. Prikaz Federalnoi sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 29.09.2017 no.401, available at: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102451169> (accessed 05 April 2019).

31. Edinye pravila bezopasnosti (EPB) pri razrabotke rudnykh, nerudnykh i rossypnykh mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh podzemnym sposobom [Unified safety rules (EPB) in the development of underground, non-metallic and alluvial deposits of minerals underground]. PB 03-553-03. Rostekhnadzor. Moscow, Promyshlennaia bezopasnost, 2009.

32. Pravila okhrany nedr PB 07-601-03 [Subsurface Protection Rules: PB 07-601-03]. Moscow, Gosortekhnadzor Rossii; FGUP NTTS «Promyshlennaia bezopasnost», 2003, 64 p.

33. Ukazaniia po zashchite rudnikov ot zatopeniia i okhrane podrabatyvaemykh obektov na Verkhnekamskom mestorozhdenii kaliinomagnievykh solei [Guidelines for protecting mines from flooding and protecting undermining facilities at the Verkhnekamsk potassium and magnesium salts deposit]. Saint Petersburg, GI UrO RAN, 2014, 130 p.

34. Ukazaniia po dopustimym usloviiam podrabotki ekspluatiruemykh zdani i sooruzhenii na Verkhnekamskom mestorozhdenii kaliinykh solei [Guidelines for permissible undermining of operated buildings and structures at the Verkhnekamsk potash deposit]. Saint Petersburg, VNIIG, 2004, 46 p.

35. Solovev V.A. et al. Vedenie gornykh rabot na rudnikakh Verkhnekamskogo kaliinogo mestorozhdeniia [Mining in the mines of the Verkhnekamsk potash deposit]. Metodicheskoe rukovodstvo. Ed. V.A. Solovev. Moscow, Nedra, 1992, 467 p.

36. Methodical recommendations to the “Guidelines for the protection of mines from flooding and the protection of undermining facilities at the Verkhnekamsk potassium-magnesium salts deposit”. Saint-Petersburg, GI UB RAS, 2014, 65 p.

37. Kutovoi S.N., Kruglov Iu.V. Avtomatizatsiia planirovaniia gornykh rabot na baze tsifrovyykh marksheiderskikh planov [Automation of mining planning based on digital sur-

veying plans]. *Nauka proizvodstvu*, 2002, no.4, pp.5-7.

38. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Telitsyn A.V., Nesterov E.V., Gilev M.V. Avtomatizirovannoe rabochee mesto marksheidera na baze tsifrovyykh planov gornykh rabot [Surveyor workstation based on digital mining plans]. *Marksheiderskii vestnik*, 2003, no.2, pp.28-31.

39. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Telitsyn A.V., Nesterov E.V. Avtomatizatsiia marksheiderskikh vychislenii i ikh graficheskogo oformleniia na tsifrovyykh planakh gornykh rabot [Automation of surveying calculations and their graphic design on digital mining plans]. *Nauka proizvodstvu*, 2003, no.10, pp.24-31.

40. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Kiselev A.O., Kisluhkina S.A., Gilev M.V. Metodika sozdaniia tsifrovyykh marksheiderskikh planov dlia rudnikov Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Methodology for creating digital surveying plans for mines of the Verkhnekamsk potash deposit]. *Problemy formirovaniia i kompleksnogo osvoeniia mestorozhdenii solei. VI Solevoe soveshchanie. Materialy mezhdunarodnoi konferentsii*. Solikamsk, 2000, pp.82-84.

41. Kataev A.V., Kutovoi S.N. Reshenie zadach gornoj geomekhaniki na baze geologicheskoi modeli massiva [Solving the problems of mining geomechanics based on the geological model of the array]. *Sovremennye geomekhanicheskie metody v gornoj promyshlennosti i podzemnom grazhdanskom i tunnelnom stroitelstve. Materialy mezhdunarodnoi geomekhanicheskoi konferentsii*. Nesebyr, 2003, pp.19-22.

42. Razvitie rabochego mesta uchastkovogo marksheidera, rabochego mesta marksheidera otdela kapitalnykh marksheiderskikh rabot, podderzhka i razvitie programmnykh modulei obespecheniia geomekhanicheskikh raschetov: otchet o rabote [The development of the workplace of the local surveyor, the workplace of the surveyor of the capital surveying department, support and development of software modules for supporting geomechanical calculations: work report]. Perm, 2016, 69 p.

43. Kutovoi S.N., Kataev A.V., Vasenin D.A., Efimov E.M. Work experience on automation of processing of survey measurements of backfill of mines of Uralkali PJSC. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2017, vol.16, no.2, pp.174-182. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.2.8

44. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Efimov E.M., Gilev M.V. Ekspluatatsionnye poteri i razubo-

zhivanie v informatsionnoi sisteme OAO "Silvinit" [Operational losses and dilution in the information system of Silvinit OJSC"]. *Marksheiderskii vestnik*, 2009, no.3, pp.36-40.

45. Kutovoi S.N. Raschet prognoznykh osedanii zemnoi poverkhnosti s ispolzovaniem integratsionnykh setok na primere otrabotki verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Calculation of predicted subsidence of the earth's surface using integration grids using the example of mining the Verkhnekamsk

potash deposit]. *News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2012, no.7, pp.37-44.

46. Kutovoi S.N., Kataev A.V., Meister V.A. Vychislenie prognoznykh osedanii zemnoi poverkhnosti nad granitsami gornyykh rabot s ispolzovaniem tsifrovyykh planov i integratsionnykh setok [Calculation of predicted subsidence of the earth's surface over the boundaries of mining using digital plans and integration grids]. *News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2014, no.8, pp.71-77.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Автоматизация производственных процессов при создании годовых планов развития горных работ / С.Н. Кутовой, А.В. Катаев, Е.М. Ефимов, А.В. Оверин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2019. – Т.19, №3. – С.240–250. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.3.4

Please cite this article in English as:

Kutovoi S.N., Kataev A.V., Efimov E.M., Overin A.V. Automation of production processes while creating annual mining development plans. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2019, vol.19, no.3, pp.240-250. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.3.4