

УДК 622.834

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2021

**Автоматизация решения маркшейдерских задач в рамках создания горно-геологической информационной системы ПАО «Уралкалий»****С.Н. Кутовой, А.В. Катаев, Д.А. Васенин, И.А. Баталов, Д.И. Свинцов**

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

**Surveying Tasks Solution Automation in the Framework of Mining and Geological Information System Creation at PJSC "Uralkali"****Sergey N. Kutovoy, Anatoliy V. Kataev, Denis A. Vasenin, Ilya A. Batalov, Denis I. Svintsov**

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

Получена / Received: 23.01.2021. Принята / Accepted: 30.04.2021. Опубликовано / Published: 01.07.2021

**Ключевые слова:**

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

Приводятся результаты работ по автоматизации решения инженерных задач, стоящих перед специалистами маркшейдерских служб рудников ПАО «Уралкалий». Разработанные программные модули полностью интегрированы в корпоративную горно-геологическую информационную систему ПАО «Уралкалий» и сгруппированы в специализированные программные комплексы – автоматизированные рабочие места. Данные комплексы установлены на рабочие места различных специалистов горного производства, начиная от руководителей технических подразделений и кончая сотрудниками отделов на рудниках. В общем разработан 21 программный комплекс, из них три автоматизированных рабочих места созданы для специалистов маркшейдерской службы компании. Для маркшейдерских отделов на рудниках разработан и внедрен в промышленную эксплуатацию автоматизированное рабочее место «Участковый маркшейдер», для отдела капитальных маркшейдерско-геодезических работ – автоматизированное рабочее место «Капитальные маркшейдерские работы», для сотрудников отдела главного маркшейдера ПАО «Уралкалий» – автоматизированное рабочее место «Главный маркшейдер».

Программные модули, входящие в состав автоматизированных рабочих мест специалистов маркшейдерской службы, позволяют в автоматизированном режиме решать широкий круг инженерных задач, обусловленных требованиями действующих нормативных документов. Среди них можно выделить такие задачи, как: обработка результатов инструментальной съемки подземных и поверхностных объектов и на ее основе пополнение горно-графической документации в цифровом виде (2D и 3D); планирование и проектирование горных работ; составление, редактирование и печать типовой технической документации (расчетные ведомости, таблицы, отчеты и графика); решение вопросов безопасного ведения горных работ; анализ выполнения плановых и проектных показателей работы горного предприятия и др.

**Keywords:**

potash salt deposit, mining and geological information system, mine surveying, software module, digital mining plans, database management system.

The results of work on the automation of the solution of engineering problems facing the specialists of mine surveying services of the mines of PJSC "Uralkali" are presented. The developed software modules are fully integrated into the corporate mining and geological information system of PJSC "Uralkali" and are grouped into specialized software systems - automated workstations. These complexes are installed at the workplaces of various mining specialists, from the heads of technical departments to employees of departments at mines. In total, 21 software systems were developed, of which three workstations were created for the specialists of the company's mine surveying service. For the mine surveying departments at the mines, an automated workstation "Local mine surveyor" was developed and put into commercial operation, for the department of capital surveying and geodetic works - an automated workstation "Capital mine surveying", for employees of the department of the chief mine surveyor of PJSC "Uralkali" - an automated workstation "Chief surveyor".

The software modules that are part of the automated workstations of the specialists of the mine surveying service allow in an automated mode to solve a wide range of engineering problems, due to the requirements of the current regulatory documents. Among them, one can single out such tasks as: processing the results of instrumental survey of underground and surface objects and, on its basis, replenishment of mining and graphic documentation in digital form (2D and 3D); mining planning and design; preparation, editing and printing of standard technical documentation (payroll, tables, reports and graphics); solving issues of safe mining; analysis of the implementation of planned and design indicators of the mining enterprise, etc.

**Кутовой Сергей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (тел.: +007 950 450 6009, 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 8778, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

**Васенин Денис Александрович** – инженер кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (тел.: +007 904 848 26 17, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

**Баталов Илья Александрович** – инженер кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (тел.: +007 902 802 48 56, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

**Свинцов Денис Игоревич** – инженер кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (тел.: +007 950 468 50 11, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

**Sergey N. Kutovoy** (Author ID in Scopus: 6505976332) – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Surveying, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 950 450 6009, e-mail: kutovoysn@mail.ru). The contact person for correspondence.

**Anatoliy V. Kataev** (Author ID in Scopus: 7003774612) – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Surveying, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 902 476 8778, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

**Denis A. Vasenin** – Engineer of the Department of Surveying, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 904 848 26 17, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

**Ilya A. Batalov** – Engineer of the Department of Surveying, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 902 802 48 56, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

**Denis I. Svintsov** – Engineer of the Department of Surveying, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 950 468 50 11, e-mail: geotech@pstu.ac.ru).

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Автоматизация решения маркшейдерских задач в рамках создания горно-геологической информационной системы ПАО «Уралкалий» / С.Н. Кутовой, А.В. Катаев, Д.А. Васенин, И.А. Баталов, Д.И. Свинцов // Недропользование. – 2021. – Т.21, №3. – С.131-136. DOI: 10.15593/2712-8008/2021.3.5

Please cite this article in English as:

Kutovoy S.N., Kataev A.V., Vasenin D.A., Batalov I.A., Svintsov D.I. Surveying Tasks Solution Automation in the Framework of Mining and Geological Information System Creation at PJSC "Uralkali". *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2021, vol.21, no.3, pp.131-136. DOI: 10.15593/2712-8008/2021.3.5

## Введение

Актуальность выполнения работ по автоматизации решения задач, стоящих перед специалистами маркшейдерской службы горных предприятий, определяется большими объемами обрабатываемой информации и создаваемой на ее основе отчетной вычислительной и графической документации.

Требования к функциональному составу программных комплексов вытекают из основных задач маркшейдерской службы на горнодобывающих предприятиях [1]. В целом эти задачи кратко можно сформулировать как комплекс наблюдений, измерений, вычислений и ведение документации для получения маркшейдерской и другой технической информации. Поэтому основной целью разработки программных комплексов являются автоматизация процессов обработки полевых наблюдений, пополнения на их базе цифровых планов горных работ, определение плановых и фактических показателей работы горного производства и составления отчетной маркшейдерской документации.

Возможность решения инженерных задач, стоящих перед специалистами маркшейдерских служб горнодобывающих предприятий, присутствует во многих известных зарубежных многофункциональных программных комплексах, а также российских и зарубежных специализированных разработках.

К первой группе можно отнести такие программные комплексы, как MineScape (Mincom, Australia) [2], VULCAN (Martec, Australia) [3], SURPAC (Software International, Australia) [4], GEMCOM (Canada) [5], DATAMINE (MIC Ltd, Great Britain) [6], Micromine (Micromine Pty Ltd, Australia) [7] и др.

Среди специализированных программных разработок можно выделить: RiMINING (Riegl, Austria) [8], Carlson Survey (Carlson Software, USA) [9], MINEFRAME (CREDO, Россия) [10], «ГЕОМИКСТМ. Маркшейдерия» (ВИОГЕМ, Россия) [11], «САМАРА» (Лаборатория комплексных технологий, Украина) [12] и некоторые другие.

Большое количество предлагаемых программных средств для автоматизации маркшейдерских работ ставит перед пользователями задачу выбора продукта, максимально отвечающего оптимальному соотношению «цена/возможности».

Практика показывает, что покупка и внедрение на горнодобывающих предприятиях зарубежных многофункциональных программных комплексов не всегда себя оправдывает. И это связано не только с их большой стоимостью, но и, прежде всего, со сложностью внедрения таких систем на рабочих местах пользователей. Специалисту, решающему конкретный перечень производственных задач (например, участковому маркшейдеру), в большинстве случаев не требуется излишняя функциональность таких комплексов. И в то же время очень часто ему приходится решать задачи, характерные только для данного предприятия и не предусмотренные функционалом таких программ. Адаптировать программы под особенности решения своих задач собственными силами также нет возможности, поскольку программные коды таких систем, как правило, являются закрытыми. Обращение к зарубежным разработчикам или их представителям в России с просьбой об адаптации программы под особенности решения задач конкретных специалистов приводит к серьезным временным и денежным затратам.

Необходимость периодического обновления алгоритмов и программных кодов ранее разработанных и используемых на горных предприятиях программных продуктов часто бывает связана также с изменениями, вносимыми в действующие нормативные документы, регулирующие порядок решения инженерных задач, стоящих перед различными службами этих предприятий. Такие изменения могут вноситься на разных уровнях управления горным производством – федеральном, региональном, местном и конкретного горного предприятия.

В последнее время среди факторов, влияющих на выбор программного обеспечения, не последнее место занимает угроза введения санкционных запретов на покупку и дальнейшую поддержку зарубежных программных продуктов.

Перечисленные выше, а также некоторые другие факторы все чаще заставляют крупные российские горнодобывающие компании самим приступать к разработке специализированных программ для своих предприятий с привлечением сторонних специалистов. В этом случае создание программного обеспечения ведется с учетом всех особенностей производственных процессов при отработке конкретных месторождений, а также требований правил техники безопасности и корпоративных стандартов.

В частности, по такому пути пошло руководство ПАО «Уралкалий» после неудачной попытки внедрения в своей компании зарубежного программного комплекса MineScape [2]. В 2014 г. руководством компании было принято решение о создании корпоративной горно-геологической информационной системы (ГИС ПАО «Уралкалий») собственными силами. Для решения поставленной задачи были привлечены специалисты Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ).

К моменту написания статьи (начало 2021 г.) основные элементы системы были разработаны, успешно прошли этап опытно-промышленной эксплуатации и введены в промышленную эксплуатацию на всех пяти действующих рудниках. В перспективе предусматривается внедрение системы еще на двух строящихся рудниках.

Далее приводится информация об одной из составляющих частей данной горно-геологической информационной системы, связанной с автоматизацией решения инженерных задач, стоящих перед маркшейдерской службой ПАО «Уралкалий».

### Функционал программных модулей для решения маркшейдерских задач на рудниках ПАО «Уралкалий», созданных до разработки и внедрения горно-геологической информационной системы

Первые разработки авторов, связанные с автоматизацией решения задач, стоящих перед маркшейдерскими службами рудников, обрабатывающих Верхнекамское месторождение калийных солей, относятся к началу 2000-х гг. [13–20].

Работы начались с создания классификатора объектов для цифровых планов и карт масштабного ряда от 1:500 до 1:10 000 [13]. Затем, в соответствии с классификатором, были созданы цифровые планы горных работ для всех промышленных пластов (Вс, Вк, Аб, Кр2, «Каменная соль») всех шести рудников, которые на тот момент обрабатывали месторождение. Работы по созданию цифровой графики проводились в соответствии с требованиями нормативных документов [21–28]. Оформление цифровых планов и карт для отображения в разных масштабах производилось в соответствии с требованиями действующих стандартов [29–34] и сохранялось в файлах рабочих проектов. Для графической визуализации цифровых планов горных работ и земной поверхности была принята ГИС MapInfo, а в качестве хранилища информации СУБД Oracle.

Практически параллельно с созданием цифровых планов приступили к разработке программных модулей, которые позволили автоматизировать решение следующих производственных задач:

- ввод и обработка данных, полученных в результате инструментальной съемки подземных выработок;
- автоматическое формирование объектов съемки и их отображение на цифровых планах горных работ;
- вычисление объемов добытого полезного ископаемого, объемов закладки выработанного пространства и значений фактических потерь и разубоживания;
- формирование и печать графической документации к годовым планам развития горных работ и текущей маркшейдерской документации (разрезы, сечения, профили, маркшейдерские планы рабочего и основного масштабов).

Созданные в этот период программные модули находились в промышленной эксплуатации на рабочих местах специалистов маркшейдерских отделов рудников вплоть до июня 2014 г.

### Результаты работ по автоматизации решения задач, стоящих перед маркшейдерской службой ПАО «Уралкалий», выполненных в рамках создания ГИС

В 2014 г., в рамках работ по созданию ГИС ПАО «Уралкалий» был существенно расширен список маркшейдерских задач, решение которых необходимо производить, используя средства автоматизации. В результате были сформированы три автоматизированных рабочих места (АРМ): АРМ «Участковый маркшейдер», АРМ «Капитальные маркшейдерские работы», АРМ «Главный маркшейдер». В состав каждого программного комплекса вошли модули, позволяющие решать конкретные производственные задачи, стоящие перед каждым из сотрудников маркшейдерской службы ПАО «Уралкалий».

Программный комплекс с условным названием АРМ «Участковый маркшейдер» создан для специалистов маркшейдерских отделов на рудниках и включает в себя 23 программных модуля, которые разрабатывались с учетом особенностей решения задач, стоящих перед специалистами маркшейдерских отделов каждого рудника. Программный комплекс с условным названием АРМ «Капитальные маркшейдерские работы» создан для специалистов отдела капитальных маркшейдерско-геодезических работ и включает в себя 10 программных модулей. Программный комплекс с условным названием АРМ «Главный маркшейдер» создан для специалистов отдела главного маркшейдера ПАО «Уралкалий» и включает в себя восемь программных модулей. Для примера на рисунке представлен вид загрузочного модуля программ, входящих в АРМ «Капитальные маркшейдерские работы», а в таблице приведен список основных задач, решаемых специалистами маркшейдерской службы в рассматриваемых АР.

Более подробно с функционалом отдельных программных модулей можно познакомиться в предыдущих публикациях авторов [35–41].

#### Основные элементы технической архитектуры ГИС ПАО «Уралкалий»

Основу созданной горно-геологической информационной системы составляет единая база данных, в качестве которой до 2021 г. выступала СУБД Oracle 12c, а с 2021 г. СУБД Postgres. Информация в базе данных хранится в 420 связанных между собой таблицах и заносится в них посредством специально разработанных программных модулей. К графической и атрибутивной информации, хранящейся в СУБД, обеспечивается многопользовательский доступ.

Программные модули созданы как для решения инженерных задач, стоящих перед различными службами горнодобывающих предприятий, так и для занесения архивных данных по горным выработкам. Как уже отмечалось, программные модули объединяются в программные комплексы, получившие условное название автоматизированные рабочие места (АРМ). Модульная структура программных комплексов позволяет формировать рабочее место функциональными возможностями под запросы каждого пользователя различных подразделений горных предприятий (маркшейдерская и геологическая службы, горнотехнический и геомеханический отделы, службы мониторинга окружающей среды).

Работа программ производится под управлением операционной системы Windows не ниже седьмой версии с использованием протокола TCP/IP и на основе архитектуры «клиент – сервер».

В рамках созданной системы реализованы механизмы автоматического обновления программных модулей на рабочих местах пользователей в случае внесения разработчиком изменений в функционал действующих программ, администрирования прав доступа

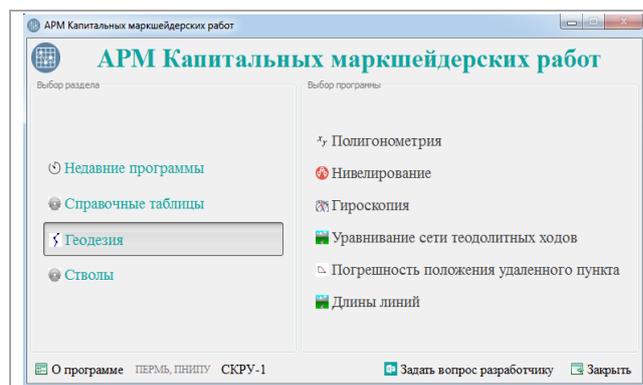


Рис. Загрузочный модуль программ, входящих в АРМ «Капитальные маркшейдерские работы»

к информации в таблицах СУБД и восстановления ошибочно удаленных данных.

Работа с графической информацией производится в соответствии с требованиями утвержденного «Классификатора объектов для цифровых планов и карт ПАО «Уралкалий»», а ее визуализация возможна в ГИС: QGIS, MapInfo, ArcGIS, AutoCad Map 3D.

Формирование, оформление и печать типовой отчетной документации производится в автоматизированном режиме с учетом требований федеральных, региональных и корпоративных действующих нормативных документов [1, 42–45].

#### Организация работ по внедрению системы в опытно-промышленную и промышленную эксплуатацию

Опыт разработки ГИС ПАО «Уралкалий» показал, что наиболее трудоемкими являются мероприятия по внедрению элементов системы на рабочих местах пользователей на этапах опытно-промышленной и промышленной эксплуатации. Не вдаваясь в анализ причин этого, в рамках данной статьи хотелось бы выделить те мероприятия, выполнение которых позволило решить задачи, стоящие на этих этапах:

1. Создание группы для внедрения системы в опытно-промышленную и промышленную эксплуатацию. В состав группы входят штатные специалисты всех подразделений ПАО «Уралкалий», где устанавливаются элементы ГИС. В обязанности специалистов данной группы входит: информационное, организационное, методическое и правовое обеспечение разработчика программных продуктов (ПНИПУ); тестирование элементов системы; консультация пользователей на рабочих местах; приемка выполненных исполнителем работ.

2. Обеспечение IT-службами ПАО «Уралкалий» бесперебойной работы технических средств (сервера, компьютеры пользователей, сетевое оборудование, регулируют права доступа к функционалу программных модулей, сохранность данных и др.).

3. Проведение специалистами исполнителя обучения сотрудников группы внедрения и пользователей на рабочих местах работе в программных модулях.

4. Разработка исполнителем работ (ПНИПУ) и передача заказчику (ПАО «Уралкалий») необходимой сопроводительной документации к ГИС (руководство по администрированию; регламенты и пошаговые инструкции для пользователей; модель базы данных; инструкции по резервному копированию и восстановлению данных; инструкции по установке; документация на платформу и компоненты прикладных решений и др.).

5. Выполнение исполнителем работ по поддержке и развитию системы на этапах опытно-промышленной эксплуатации, а после внедрения программных комплексов в промышленную эксплуатацию на этапах стабилизации и технической поддержки.

Основные задачи, решаемые программными модулями, входящими в состав программных комплексов маркшейдерской службы ПАО «Уралкалий»

Группа задач	Перечень решаемых задач
	АРМ «Участковый маркшейдер» (содержит 23 программных модуля)
Просмотр и ввод исходных данных	1. Первичные настройки рабочего места: описание названия рудника, рабочих пластов, панелей, блоков; формирование списка сотрудников маркшейдерского отдела рудника и их «привязка» к обслуживаемому участку горных работ
	2. Добавление, редактирование, удаление информации по расположению, назначению и виду горной выработки. Автоматическое генерирование названия выработки по стандартному набору полей в таблице ее характеристик
	3. Просмотр информации по плановым и фактическим объемам добычи для выбранного комбайна
	4. Просмотр и анализ значений вертикальных и горизонтальных сдвижений и деформаций земной поверхности над площадями ведения горных работ
	5. Обеспечение хранения, поиска и просмотра технической и нормативной документации, разработанной специалистами ПАО «Уралкалий», субподрядными организациями и государственными контролирующими организациями в структурированном файловом архиве данных
	6. Просмотр информации по существующим пунктам опорной маркшейдерской сети (ОМС) на поверхности и в горных выработках
	7. Просмотр материалов по расчету размеров целиков под охраняемые объекты и зонам смягчения и др.
Проектирование / планирование	1. Формирование поперечных проектных сечений горных выработок в зависимости от проходческого комбайна, мощности обрабатываемого пласта, количества и пространственного расположения комбайновых заходок
	2. Распределение плановых объемов добычи полезного ископаемого по комбайнам, видам работ, горным участкам, а также по типам полезного ископаемого (карналлит, сильвинит) на каждый месяц
	3. Определение координат осей горных выработок в пределах границ плановых зон отработки
	4. Расчет значений плановых нормативов потерь и разубоживания полезного ископаемого по каждой выемочной единице
Обработка маркшейдерских измерений / Анализ результатов	5. Определение оптимального положения закладочных скважин и перемычек для каждой закладываемой выработки или блока выработок. Вычисление объемов плановой закладки горных выработок в зависимости от проектного коэффициента закладки по каждой выработке, блоку, панели, пласту, руднику и др.
	1. Определение формы и площади поперечного сечения исполнительного органа комбайна по результатам маркшейдерских измерений. Вычисление средних удельных потерь отбитой рудной массы для выбранного комбайна
	2. Обработка результатов инструментальных измерений по определению координат и высотных отметок точек подземной съемочной маркшейдерской сети (СМО)
	3. Обработка результатов маркшейдерских измерений горных выработок. Вычисление объемов добытой горной массы. Анализ выполнения параметров годового плана развития горных работ (ПГРР)
	4. Расчет значений эксплуатационных потерь полезных ископаемых по каждой выемочной единице. Анализ сверхнормативных потерь
	5. Обработка маркшейдерских измерений для определения фактических объемов закладки выработанного пространства в зависимости от вида и целей. Анализ выполнения плана по закладке
	6. Определение объемов готовой продукции на складах и объемов вмещающих пород в отвалах
	7. Сбор и отображение результатов статистического анализа информации по горным выработкам, хранящейся в СУБД по сформированным пользовательским запросам
Работа с цифровой графикой	8. Решение производственных задач на базе 3D-моделей горных выработок и др.
	1. Привязка к графическому отображению выработок на цифровом плане атрибутивной информации из СУБД
	2. Нанесение и просмотр на цифровом плане горных работ и разрезах: – границ проектных и плановых зон отработки на выбранную дату ведения горных работ; – положения горных выработок – площадей отработки каждого комбайна; – площадей закладки горных выработок; – положения точек и створов теодолитных и нивелирных ходов; – границ целиков, зон смягчения, опасных зон и др.
	3. Построение и анализ 3D-моделей горных выработок
	4. Построение и печать тематических карт с отображением растровых и изолинейных поверхностей по выбранным параметрам вертикальных и горизонтальных деформаций и сдвижений земной поверхности. Построение и печать соответствующих графиков
Отчеты	5. Формирование, отображение и печать стандартных маркшейдерских планшето-рабочей (М 1:500 и 1:1000) и основной (М 1:2000) графической документации в соответствии с требованиями действующих ГОСТ к оформлению горно-графической документации
	Составление отчетной документации: к ПГРР; по учету и движению запасов по выемочным единицам; по объемам пустот и закладки; расчетных ведомостей и абрисов по результатам обработки инструментальных наблюдений в горных выработках; по результатам определения плановых и фактических потерь полезного ископаемого и др.
	АРМ «Капитальные маркшейдерские работы» (содержит 10 программных модулей)
Просмотр и ввод исходных данных	1. Просмотр и анализ проекта выполнения капитальных маркшейдерских работ
	2. Просмотр и анализ актуальной информации о состоянии армировки и крепи ствола. Получение исходных данных для проведения маркшейдерских работ в стволе и при проверке состояния объектов поверхностного комплекса ствола
Обработка маркшейдерских измерений / Анализ результатов	3. Конвертация данных о реперах, маркшейдерских точках и профильных линиях хранящихся в файлах различных форматов в таблицы СУБД и др.
	1. Обработка маркшейдерских измерений в вертикальном шахтном стволе: при профилировании проводников; при профилировании стенок вертикального ствола; при определении зазоров безопасности в стволе; при измерении размеров проводников. Анализ данных (цветовая индикация)
	2. Обработка маркшейдерских измерений геометрических элементов поверхностного комплекса шахтного подъема: копер, подшивная площадка, шквивы, канаты подъемной машины, подъемная машина и др. Анализ данных (цветовая индикация)
	3. Обработка результатов инструментальных измерений в теодолитных и нивелирных ходах, пройденных по точности опорной маркшейдерской сети (ОМС) на земной поверхности и в шахте. Уравнивание системы теодолитных ходов (способ проф. В.В. Попова), в том числе с учетом данных гироскопического ориентирования отдельных сторон
Составление расчетной и графической отчетной документации	4. Анализ состояния подземной опорной маркшейдерской сети посредством расчета погрешности положения наиболее удаленного от ствола пункта полигонометрии (три способа)
	5. Занесение и обработка результатов инструментальных наблюдений по реперам профильных линий с целью вычисления вертикальных и горизонтальных сдвижений и деформаций подрабатываемой земной поверхности. Анализ полученных результатов
	6. Определение степени влияния горных работ на охраняемые объекты на земной поверхности. Вычисление допустимых и предельных деформаций подрабатываемых объектов и их сравнение с фактическими деформациями (цветовая индикация) и др.
	1. Формирование, редактирование и печать отчетной документации по результатам: маркшейдерских измерений в вертикальном шахтном стволе; маркшейдерских измерений геометрических элементов объектов подземного комплекса шахтного ствола; инструментальных измерений в теодолитных и нивелирных ходах, в том числе по профильным линиям на земной поверхности и в шахте и др.
	2. Составление и печать расчетной и графической документации к проекту развития подземной ОМС. Материалы по уравниванию сетей нивелирных и теодолитных ходов
	3. Пополнение цифрового плана расположения: реперов и створов профильных линий; теодолитных и нивелирных ходов пройденных по точности ОМС; створов гироскопического ориентирования; подрабатываемых объектов с критическими значениями деформаций (цветовая индикация) и др.
Просмотр данных	4. Построение графиков по вычисленным параметрам сдвижений и деформаций подрабатываемой земной поверхности
	АРМ «Главный маркшейдер» (содержит восемь программных модулей)
	1. Возможность просмотра из файлового архива необходимой информации (справки по форме 70-ТП и 5-ГР по всем годам; актуальные и архивные акты обследования стволов; каскад документов выходящий из маркшейдерских отделов за выбранный период времени, и др.)
	2. Просмотр информации из базы данных по заранее сформированным запросам: – по скважинам: первичные и ревизионные координаты, ссылки на акты контрольных привязок и др.; – список имеющихся в маркшейдерских отделах рудников приборов и инструментов, их характеристики, сроки примерного выхода из оборота, данные по метрологическим проверкам; – проектные и плановые показатели развития горных работ по продуктивным пластам на текущий и последующий года; – просмотр совмещенных планов подземных горных работ с поверхностью; – просмотр топографических планов промышленных площадок рудоуправлений; – просмотр планов с фактическим положением горных выработок по каждому продуктивному пласту в запрашиваемом масштабе; – просмотр книги общешахтных потерь; – просмотр графиков оседаний и скоростей оседаний, составленных по результатам инструментальных наблюдений по реперам профильных линий на земной поверхности; – просмотр тематических карт оседаний и скоростей оседаний земной поверхности (изолинии); – просмотр материалов по оформлению земельных и горных отводов и др.
	3. Просмотр информации из хранилища библиотеки научно-технических данных (НТД)
	1. Ежедневный контроль за выполнением плана горных работ посредством анализа данных вносимых через АРМы
	2. Анализ безопасности ведения горных работ на потенциально опасных участках на основе данных: по параметрам отработки; срокам и параметрам закладки; фактическим скоростям оседания земной поверхности; заключенной научных и проектных организаций. Составление тематической карты потенциально опасных участков и привязка к ним атрибутивной информации
	3. Определение рисков подработки ВЗТ (в том числе в зонах смягчения) на основе сравнения расчетного и допустимого прогиба слоев пород ВЗТ. Составление тематической карты шахтного поля со степенями опасности подработки ВЗТ
	4. Анализ состояния поверхностных объектов, попадающих в зону влияния горных работ на основе сравнения фактических и допустимых деформаций для конкретного объекта (цветовая индикация объектов на цифровых слоях в случае превышения фактических деформаций над допустимыми). Привязка атрибутивной информации к графическому отображению объектов (техпаспорт объекта, результаты инструментальных наблюдений за состоянием объекта, сканы имеющихся документов и др.)
	5. Контроль графика отбора проб для определения физико-механических свойств горных пород (в соответствии с ПГРР)
	6. Сравнительный анализ эксплуатационных, плановых и проектных потерь полезного ископаемого по каждой выемочной единице по всем рудникам ПАО. При наличии сверхнормативных потерь – просмотр отчетов о причинах их появления
7. Контроль соблюдения графика профилировок по всем стволам (цветовая индикация)	
8. Контроль соблюдения графика наблюдений по профильным линиям на земной поверхности (цветовая индикация)	
9. Контроль своевременного занесения информации по результатам маркшейдерских съемок объектов на земной поверхности и горных выработок в таблицы СУБД ГИС ПАО «Уралкалий» (цветовая индикация по видам маркшейдерских работ)	
10. Анализ своевременного развития сетей ОМС при подходе горных выработок к границам опасных зон (цветовая индикация)	
11. Анализ актуальных данных по объемам подготовленных и готовых к выемке запасов на основе сравнения факта и плана	
Отчеты	Формирование и печать обобщенной отчетности по ПАО «Уралкалий» за заданный период времени: по объемам добычи и потерь полезного ископаемого; по объемам пустот и закладки выработанного пространства; по объемам отходов на поверхности (солеотвалы, шламохранилища) и по остаткам полезного ископаемого на складах; по оценке степени вредного влияния горных работ на охраняемые объекты на земной поверхности и др.

## Заключение

Несмотря на непродолжительный период использования элементов ГИС в маркшейдерской службе ПАО «Уралкалий» (1,5 года), уже становятся очевидными следующие основные преимущества их внедрения:

- повышение безопасности ведения горных работ за счет улучшения качества проектирования и планирования горного производства, а также исключения ошибок при обработке результатов инструментальных маркшейдерских съемок объектов на земной поверхности и в массиве горных пород;

- повышение производительности труда специалистов маркшейдерской службы горных предприятий за счет экономии рабочего времени при решении текущих маркшейдерских задач в автоматизированном режиме;

- повышение оперативности, улучшение качества и достоверности составления отчетной маркшейдерской документации (графической, текстовой, вычислительной и др.) как внутреннего назначения, так и для государственных организаций (РОСТЕХНАДЗОР, РОСНЕДРА, РОСПРИРОДНАДЗОР и др.);

- повышение уровня знаний специалистов маркшейдерской службы горных предприятий за счет овладения ими новых (цифровых) технологий.

Также становится очевидной необходимость поддержки системы в актуальном состоянии. Основными причинами этого являются: изменение действующих нормативных документов, регулирующих вопросы отработки полезных ископаемых; изменения методик расчета различных показателей работы горного производства; изменение требований к отчетной документации со стороны государственных контролирующих организаций; обновление парка используемых средств механизации при добыче полезных ископаемых, а также маркшейдерских приборов и инструментов и др. Поскольку программные коды для заказчика работ являются открытыми, то с некоторыми задачами по обновлению софта специалисты IT-служб ПАО «Уралкалий» смогут справиться самостоятельно. Это в значительной мере сократит затраты предприятия на поддержку и дальнейшее развитие системы.

В заключение следует отметить, что созданная и внедренная в подразделениях ПАО «Уралкалий» корпоративная ГИС по версии профессионального сообщества лидеров цифровой трансформации GlobalCIO|DigitalExperts в 2019 г. была признана лучшим IT-проектом России и стран СНГ (категория – «Лучшее отраслевое решение», номинация – «Металлургия и непрерывное производство») [46].

## Библиографический список

1. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Серия 07. Выпуск 15 / колл. авт. – М.: ФГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. – 120 с.
2. MineScape: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.abb.com> (дата обращения: 15.01.2021).
3. VULCAN: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.maptek.com> (дата обращения: 15.01.2021).
4. SURPAC: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.surpac.au> (дата обращения: 15.01.2021).
5. GEMCOM: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gemcom.bc.ca> (дата обращения: 15.01.2021).
6. DATAMINE: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.datamine.co.uk> (дата обращения: 15.01.2021).
7. Micromine: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.micromine.com/> (дата обращения: 15.01.2021).
8. RiMINING: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.riegl.com> (дата обращения: 15.01.2021).
9. Carlson Survey: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.carlsonsw.ru> (дата обращения: 15.01.2020).
10. MINEFRAME: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.credo-dialogue.ru> (дата обращения: 15.01.2021).
11. ГЕОМИКСИМ.Маркшейдерия: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.geomix.ru> (дата обращения: 15.01.2021).
12. САМАРА: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cad.dp.ua> (дата обращения: 15.01.2021).
13. 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.
14. Кутовой С.Н., Круглов Ю.В. Автоматизация планирования горных работ на базе цифровых маркшейдерских планов // Наука производству. – 2002. – № 4. – С. 5–7.
15. 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.
16. 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.
17. Кутовой С.Н., Катаев А.В., Ефимов Е.М. Автоматизация маркшейдерского обслуживания складочных работ на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей // Маркшейдерский вестник. – 2008. – № 4. – С. 22–27.
18. 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.
19. Катаев А.В., Кутовой С.Н., Ефимов Е.М. Безопасность использования цифровых маркшейдерских планов в информационных системах // Маркшейдерский вестник. – 2010. – № 4. – С. 58–60.
20. Катаев А.В., Кутовой С.Н. Опыт создания и использования цифровых маркшейдерских планов на рудниках ОАО «Сильвинит» // Маркшейдерия и недропользование. – 2011. – № 4. – С. 40–44.
21. ГОСТ Р 51605-2000. Карты цифровые топографические. Общие требования. – М., 2000.
22. ГОСТ Р 51606-2000. Карты цифровые топографические. Система классификации и кодирования цифровой картографической информации. Общие требования. – М., 2000.
23. ГОСТ Р 51607-2000. Карты цифровые топографические. Правила цифрового описания картографической информации. Общие требования. – М., 2000.
24. ГОСТ 51608-2000. Карты цифровые топографические. Требования к качеству. – М., 2000.
25. ГОСТ Р 50828-95. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования. – М., 1996. – 19 с.
26. ГОСТ Р 51553-99. Геоинформационное картографирование. Метаданные электронных карт. Состав и содержание. – М., 2000.
27. ГОСТ Р 52438-2005. Географические информационные системы. Термины и определения. – М., 2006.
28. ГОСТ Р 52439-2005. Модели местности цифровые. Каталог объектов местности. Требования к составу. – М., 2006.
29. Условные обозначения для горной графической документации: справочник / под ред. С.А. Филатова. – М.: Недра, 1981. – 304 с.
30. Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10000 / ГУГК. – М.: Недра, 1977. – 141 с.
31. Условные знаки для топографических планов масштабов: 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / ГУГК. – М.: Недра, 1989. – 286 с.
32. Каталог условных знаков для маркшейдерских планов разрабатываемых месторождений нефти и газа / ВолгоградНИПИнефть. – Волгоград, 1976. – 30 с.
33. Правила начертания условных знаков на топографических планах подземных коммуникаций масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / НИИПГ ГУГК. – М.: Недра, 1981. – 44 с.
34. Тимофеев В.А. Каталог условных знаков для составления картографической документации при поисках, разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений / АО ТВАНТ. – М., 1996. – 194 с.
35. Кутовой С.Н. Расчет прогнозных оседаний земной поверхности с использованием интеграционных сеток на примере отработки Верхнекамского месторождения калийных солей // Известия вузов (ов). Горный журнал. – 2012. – № 7. – С. 37–44.
36. Катаев А.В., Кутовой С.Н. Создание элементов горно-геологической информационной системы горных предприятий // XV Международный конгресс по маркшейдерскому делу. – Аахен (Германия), 2013. – С. 506–510.
37. Кутовой С.Н., Катаев А.В., Мейстер Д.А. Расчет прогнозных оседаний подрабатываемой земной поверхности с использованием интеграционных сеток и цифровых планов горных работ // VI Международная конференция по геомеханике. – Варна, 2014. – С. 393–399.
38. 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.
39. 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 вузов (ов). Горный журнал. – 2014. – № 8. – С. 71–77.
40. Создание горно-геологической информационной системы ПАО «Уралкалий» [Электронный ресурс] / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, Е.М. Ефимов, Д.А. Мейстер // Исследовано в России. – 2014. – С. 26–31. – URL: <http://trud.igduran.ru/edition/9> (дата обращения: 08.03.2021).
41. 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.
42. Положение по учету запасов полезных ископаемых, постановки их на баланс и списания с баланса запасов / утв. МПР России от 09.07.1997 (в ред. Приказа МПР РФ от 28.04.2001 № 378).
43. Единый проект производства маркшейдерских работ на объектах ПАО «Уралкалий» / утв. приказом генерального директора ПАО «Уралкалий» № 89 от 17.01.2018 г.
44. Правила утверждения нормативов потерь полезных ископаемых при добыче, технологически связанных с принятой схемой и технологией разработки месторождения / утв. постановлением Правительства РФ № 921 от 29.12.2001 г. (ред. от 03.02.2012 г.). – М., 2012.
45. Правила охраны недр. ПБ 07-601-03 / Госгортехнадзор России ФГУП НТЦ Промышленная безопасность. – М., 2003. – 64 с.
46. Уралкалий [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.uralkali.com/ru/press\\_center/company\\_news/item42943](https://www.uralkali.com/ru/press_center/company_news/item42943) (дата обращения: 01.03.2021).

## References

1. Okhrana nedr i geologo-marksheiderskii kontrol'. Instruktsiia po proizvodstvu marksheiderskikh rabot (RD 07-603-03). Seriya 07, iss. 15. koll. avt. [Subsoil protection and geological survey control. Instructions for the production of mine surveying (RD 07-603-03)]. Moscow: FGUP "Nauchno-tekhnicheskii tsentr po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortekhnadzora Rossii", 2004, 120 p.
2. MineScape: sait [MineScape: website], available at: <http://www.abb.com> (accessed 15 January 2021).
3. VULCAN: sait [VULCAN: website], available at: <http://www.maptek.com> (accessed 15 January 2021).
4. SURPAC: sait [SURPAC: website], available at: <http://www.surpac.au> (accessed 15 January 2021).
5. GEMCOM: sait [GEMCOM: website], available at: <http://www.gemcom.bc.ca> (accessed 15 January 2021).
6. DATAMINE: sait [DATAMINE: website], available at: <http://www.datamine.co.uk> (accessed 15 January 2021).
7. Micromine: sait [Micromine: website], available at: <https://www.micromine.com/> (accessed 15 January 2021).
8. RiMINING: sait [RiMINING: website], available at: <http://www.riegl.com> (accessed 15 January 2021).
9. Carlson Survey: sait [Carlson Survey: website], available at: <http://www.carlsonsw.ru> (accessed 15 January 2020).
10. MINEFRAME: sait [MINEFRAME: website], available at: <http://www.credo-dialogue.ru> (accessed 15 January 2021).
11. GFOMIKS. Marksheideria: sait [GFOMIKS. Mine survey: website]. available at: <http://www.geomix.ru> (accessed 15 January 2021).
12. CAMAPA: sait [CAMAPA: website], available at: <http://www.cad.dp.ua> (accessed 15 January 2021).
13. 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 the mines of the Verkhnekamskoye potash salt deposit]. *Problemy formirovaniia i kompleksnogo osvoeniia mestorozhdenii solei. VI solevoye soveshchaniie. Materialy mezhdunarodnoi konferentsii*. Solikamsk, 2000, pp. 82-84.
14. Kutovoi S.N., Kruglov Iu.V. Avtomatizatsiia planirovaniia gornyykh rabot na baze tsifrovyykh marksheiderskikh planov [Automation of mining planning based on digital surveying plans]. *Nauka proizvodstvu*, 2002, no. 4, pp. 5-7.
15. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Telitsyn A.V., Nesterov E.V., Gilev M.V. Avtomatizirovannoe rabochee mesto marksheidera na baze tsifrovyykh planov gornyykh rabot [Automated workstation of a mine surveyor based on digital mining plans]. *Marksheiderskii vestnik*, 2003, no. 2, pp. 28-31.
16. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Telitsyn A.V., Nesterov E.V. Avtomatizatsiia marksheiderskikh vychislenii i ikh graficheskogo oformleniia na tsifrovyykh planakh gornyykh rabot [Automation of mine surveying calculations and their graphic design on digital mining plans]. *Nauka proizvodstvu*, 2003, no. 10, pp. 24-31.
17. Kutovoi S.N., Kataev A.V., Efimov E.M. Avtomatizatsiia marksheiderskogo obsluzhivaniia zakladochnykh rabot na rudnikakh Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Automation of mine surveying maintenance of stowing operations at the mines of the Verkhnekamskoye potash salt]. *Marksheiderskii vestnik*, 2008, no. 4, pp. 22-27.
18. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Efimov E.M., Gilev M.V. Eksploatatsionnye poteri i razubozhivanie v informatsionnoi sisteme OAO "Sil'vinit" [Operational losses and dilution in the information system of JSC "Silvinit"]. *Marksheiderskii vestnik*, 2009, no. 3, pp. 36-40.
19. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Efimov E.M. Bezopasnost' ispol'zovaniia tsifrovyykh marksheiderskikh planov v informatsionnykh sistemakh [Safety of using digital surveying plans in information systems]. *Marksheiderskii vestnik*, 2010, no. 4, pp. 58-60.
20. Kataev A.V., Kutovoi S.N. Opyt sozdaniia i ispol'zovaniia tsifrovyykh marksheiderskikh planov na rudnikakh OAO "Sil'vinit" [Experience in the creation and use of digital surveying plans at the mines of JSC "Silvinit"]. *Marksheideria i nedropol'zovanie*, 2011, no. 4, pp. 40-44.
21. GOST R 51605-2000. Karty tsifrovoye topograficheskie. Obshchie trebovaniia [GOST R 51605-2000. Digital topographic maps. General requirements]. Moscow, 2000.
22. GOST R 51606-2000. Karty tsifrovoye topograficheskie. Sistema klassifikatsii i kodirovaniia tsifrovoy kartograficheskoi informatsii. Obshchie trebovaniia [GOST R 51606-2000. Digital topographic maps. Classification and coding system for digital cartographic information. General requirements]. Moscow, 2000.
23. GOST R 51607-2000. Karty tsifrovoye topograficheskie. Pravila tsifrovoye opisaniia kartograficheskoi informatsii. Obshchie trebovaniia [GOST R 51607-2000. Digital topographic maps. Rules for the digital description of cartographic information. General requirements]. Moscow, 2000.
24. GOST 51608-2000. Karty tsifrovoye topograficheskie. Trebovaniia k kachestvu [GOST 51608-2000. Digital topographic maps. Quality requirements]. Moscow, 2000.
25. GOST R 50828-95. Prostranstvennyye dannyye, tsifrovyye i elektronnyye karty. Obshchie trebovaniia [GOST R 50828-95. Spatial data, digital and electronic maps. General requirements]. Moscow, 1996, 19 p.
26. GOST R 51353-99. Geoinformatsionnoe kartografirovaniie. Metadannyye elektronnykh kart. Sostav i sodержanie [GOST R 51353-99. Geoinformation mapping. Metadata of electronic maps. Composition and content]. Moscow, 2000.
27. GOST R 52438-2005. Geograficheskie informatsionnyye sistemy. Terminy i opredeleniia [GOST R 52438-2005. Geographic information systems. Terms and Definitions]. Moscow, 2006.
28. GOST R 52439-2005. Modeli mestnosti tsifrovyye. Katalog ob'ektov mestnosti. Trebovaniia k sostavu [GOST R 52439-2005. Terrain models are digital. Catalog of terrain objects. Requirements for the composition]. Moscow, 2006.
29. Uslovnyye oboznacheniiia dlia gornoj graficheskoi dokumentatsii: spravochnik [Symbols for mining graphic documentation: a reference]. Ed. C.A. Филатов. Moscow: Nedra, 1981, 304 p.
30. Uslovnyye znaki dlia topograficheskoi karty masshtaba 1:10000 [Symbols for a topographic map at a scale of 1: 10000] Moscow: Nedra, 1977, 141 p.
31. Uslovnyye znaki dlia topograficheskikh planov masshtabov: 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 [Symbols for topographic scale plans: 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500]. Moscow: Nedra, 1989, 286 p.
32. Katalog uslovnykh znakov dlia marksheiderskikh planov razrabatyvaemykh mestorozhdenii nefii i gaza [Catalog of conventional signs for mine surveying plans of developed oil and gas fields]. Volgograd: VolgogradNIPIneft', 1976, 30 p.
33. Pravila nachertaniia uslovnykh znakov na topograficheskikh planakh podzemnykh kommunikatsii masshtabov 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 [Rules for drawing conventional signs on topographic plans of underground communications of scales 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500]. Moscow: Nedra, 1981, 44 p.
34. Timofeev V.A. Katalog uslovnykh znakov dlia sostavleniia kartograficheskoi dokumentatsii pri poiskakh, razvedke i razrabotke nefiannykh i gazovykh mestorozhdenii [Catalog of conventional symbols for drawing up cartographic documentation in the search, exploration and development of oil and gas fields]. Moscow: AO TVANT, 1996, 194 p.
35. Kutovoi S.N. Raschet prognoznykh osedanii zemnoi poverkhnosti s ispol'zovaniem integratsionnykh setok na primere otrabotki Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Calculation of the earth surface subsidence using integration grids on the example of mining of potassium salts of Verkhnekamsky deposit]. *Izvestiia vuz(ov). Gornyi zhurnal*, 2012, no. 7, pp. 37-44.
36. Kataev A.V., Kutovoi S.N. Sozdanie elementov gorno-geologicheskoi informatsionnoi sistemy gornyykh predpriatii [Creation of elements of the mining and geological information system of mining enterprises]. *XV Mezhdunarodnyi kongress po marksheiderskomu delu*. Aakhen (Germaniia), 2013, pp. 506-510.
37. Kutovoi S.N., Kataev A.V., Meister D.A. Raschet prognoznykh osedanii podrabatyvaemoi zemnoi poverkhnosti s ispol'zovaniem integratsionnykh setok i tsifrovyykh planov gornyykh rabot [Calculation of predicted subsidence of the undermined earth surface using integration grids and digital mining plans]. *VI Mezhdunarodnaia konferentsiia po geomekhanike*. Varna, 2014, pp. 393-399.
38. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Efimov E.M., Meister D.A. Sozdanie gorno-geologicheskoi informatsionnoi sistemy gornyykh predpriatii [Creation of a mining and geological information system of mining enterprises]. *Rudnik budushchego*, 2014, no. 3(4), pp. 38-49.
39. Kutovoi S.N., Kataev A.V., Meister V.A. Vychislenie prognoznykh osedanii zemnoi poverkhnosti nad granitsami gornyykh rabot s ispol'zovaniem tsifrovyykh planov i integratsionnykh setok [Calculation of forecast subsidence of earth surface over boundaries of the mining works using digital plans and integration grids]. *Izvestiia vuz(ov). Gornyi zhurnal*, 2014, no. 8, pp. 71-77.
40. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Efimov E.M., Meister D.A. Sozdanie gorno-geologicheskoi informatsionnoi sistemy PAO "Uralkalii" [Creation of a mining and geological information system of PJSC Uralkali]. *Issledovano v Rossii*, 2014, pp. 26-31, available at: <http://trud.igduran.ru/edition/9> (accessed 08 March 2021).
41. Kutovoi S.N., Kataev A.V., Vasenin D.A., Efimov E.M. Opyt rabot po avtomatizatsii obrabotki marksheiderskikh zamerov zakladki vyrabotannogo prostranstva na rudnikakh PAO "Uralkalii" [Work experience on automation of processing of survey measurements of backfill of mines of Uralkali PJSC]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2017, vol. 16, no. 2, pp. 174-182. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.2.8
42. Polozhenie po uchetu zapasov poleznykh iskopaemykh, postanovki ikh na balans i spisaniia s balansa zapasov. Utv. MPR Rossii ot 09.07.1997 (v red. Prikaza MPR RF ot 28.04.2001 № 378) [Regulations on accounting for mineral reserves, putting them on the balance sheet and writing off the reserves balance].
43. Edinyi proekt proizvodstva marksheiderskikh rabot na ob'ektakh PAO «Uralkali». Utv. prikazom general'nogo direktora PAO "Uralkali" № 89 ot 17.01.2018 [Unified project for the production of mine surveying works at the facilities of PJSC Uralkali].
44. Pravila utverzhdeniia normativov poter' poleznykh iskopaemykh pri dobyche, tekhnologicheski svyazannykh s prinatiio skhemoi i tekhnologii razrabotki mestorozhdeniia. Utv. postanovleniem Pravitel'stva RF № 921 ot 29.12.2001 g. (red. ot 03.02.2012 g.) [Rules for approving standards for losses of minerals during mining, technologically related to the adopted scheme and technology of field development]. Moscow, 2012.
45. Pravila okhrany nedr. PB 07-601-03. Gosgortekhnadzor Rossii FGUP NTTs Promyshlennaia bezopasnost' [Subsoil protection rules. PB 07-601-03]. Moscow, 2003, 64 p.
46. Uralkalii [Uralkali], available at: [https://www.uralkali.com/ru/press\\_center/company\\_news/item42943](https://www.uralkali.com/ru/press_center/company_news/item42943) (accessed 01 March 2021).