

УДК 622.1:528.952

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ГГИС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Калабухов Д. М., студент гр. ПГС-201, III курс  
Научный руководитель: Смирнова А. Д., ассистент кафедры  
маркшейдерского дела и геологии  
Кузбасский Государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Кузбасский угольный бассейн, расположенный на юге Западной Сибири, – это сердце угольной промышленности Российской Федерации. С начала текущего года в Кузбассе было добыто более 35 млн т угля [1]. Тенденция роста добычи продиктована внедрением цифровых инструментов и технологий в производство, что неизбежно ведёт к стремительному развитию горнодобывающей промышленности.

Цифровая трансформация горнодобывающего предприятия начинается с внедрения в него программного обеспечения для геологии и планировании открытых и подземных горных работ, что является дорогостоящей задачей. Тем не менее технологии нового поколения уже задействованы на угледобывающих предприятиях Кемеровской области, одними из которых являются горно-геологические информационные системы (ГГИС).

Разработка любого месторождения, в современном представлении, стала немыслимой без их активного применения, поскольку данные системы позволяют не только автоматизировать и перевести в цифру большинство производственных процессов геологической, маркшейдерской и производственно-технической служб предприятия, но и повысить производительность труда инженерно-технических специалистов.

Помимо всего прочего, без использования информационных технологий невозможно добиться ни должного уровня автоматизации технологических процессов, ни максимально полного извлечения полезного ископаемого из недр. Таким образом, концепция применения геологических моделей является фундаментальной для современной геологии.

На сегодняшнее время концептуальной идеей развития горной технологии считают программирование и построение информационных систем с целью комплексного управления производственными операциями и решения технологических задач на горном предприятии на основе единого программного обеспечения [2].

Вследствие применения в горнодобывающей отрасли компьютеризированных устройств и систем, а также оцифрованных с их помощью данных ста-

новится возможным не только оперативно визуализировать и обновлять полученные в процессе геологоразведки данные в трехмерной среде, но и проектировать и планировать дальнейшие работы [3].

Использование трехмерных геологических моделей и их дальнейшая последовательная детализация является крайне эффективным и актуальным методом оперативной обработки геологической информации [4].

Задачей данного исследования является обзор современных цифровых решений, используемых в геологии, маркшейдерии, проектировании и планировании горных работ в угольной отрасли.

Для того, чтобы оперативно планировать ведение комплекса работ, связанных с извлечением полезных ископаемых из недр земли и разработкой месторождений полезных ископаемых, на разрезах и в шахтах пользуются достаточно разнообразными известными и развитыми программными обеспечениями, представленными зарубежными и отечественными системами.

Хотя усовершенствования аппаратных и программных библиотек привели к более достоверным результатам, различные системы для геологического моделирования часто имеют весьма разные возможности визуализации и интеграции данных. И перед выбором программного обеспечения следует оценить возможности множества программных продуктов по визуализации разных типов данных [5]. Одними из наиболее распространённых ГГИС являются Micro-mine Origin, Geovia Surpac, Datamine и K-Mine.

Базовая функциональность технологий нового поколения горной добычи, позволяющие геологическим службам оперативно оценивать качественные показатели полезного ископаемого в обрабатываемых эксплуатационных блоках, состоит в использовании единой централизованной базы данных файлов устьев скважин и геологического опробования для трехмерной визуализации.

Отличительной чертой создаваемых моделей с использованием любой геоинформационной системы является возможность их последующего применения и пополнения по результатам обработки месторождения. Одной из основных задач ГГИС-геолога при работе с профессиональными инструментами для решения задач горного производства является создание единой базы данных для хранения информации о геологической разведке, а в дальнейшем ведения горно-графической документации и документооборота недропользования. Затем специалист визуализирует данные геологоразведки и моделирует месторождение, создавая каркасные и блочные геолого-математические модели полезного ископаемого с целью последующей оценки и подсчета запасов.

ГГИС-специалист создает каркасные и блочные модели, применяет геостатистические методы интерполяции данных, а также формирует горно-графическую и технологическую документации с применением инструментов с выстроенными в них математическими алгоритмами.

Блочную модель используют для представления формы угольного пласта. Она состоит из множества параллелепипедов, складывающихся в трехмер-

ную модель месторождения. На Рисунке 1 представлена математическая блочная модель угольных пластов. Благодаря визуализации данной модели с указанием в поле штриховки зольность возможно проанализировать значения содержаний и их распространение на исследуемой площади.

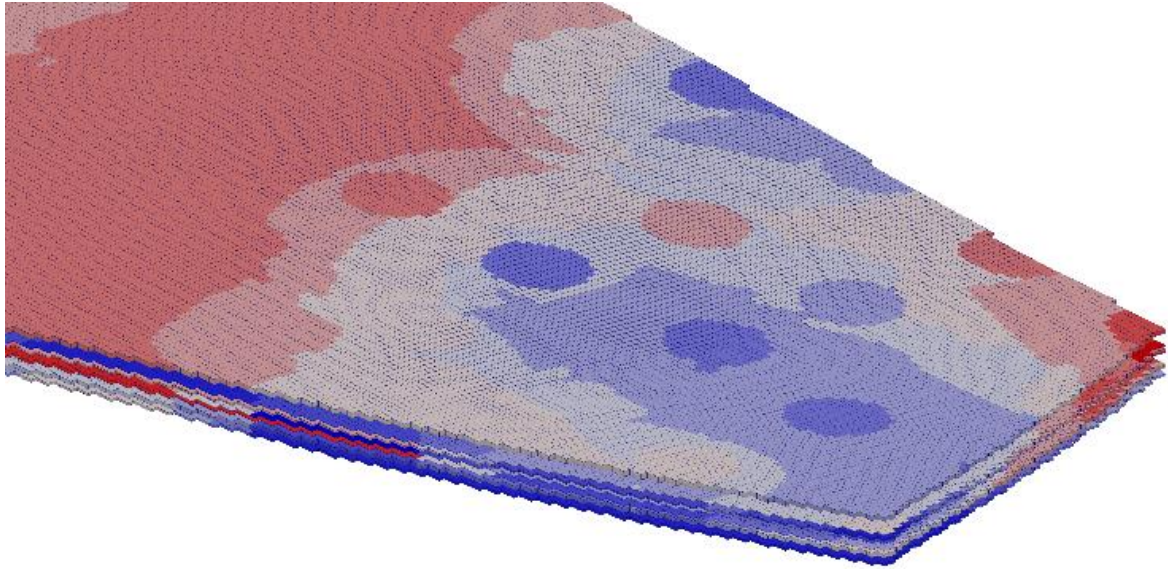


Рисунок 1. Оцененная методом обратных расстояний блочная модель в ГГИС Micromine Origin [6]

Для построения трехмерной модели угольного месторождения, в случаях сложного геологического строения, проводится каркасное моделирование, которое заключается в оконтуривании угольных пластов стрингами и последующим построением каркасов. На Рисунке 2 приведен пример готовых каркасных моделей угольных пластов, ограниченных цифровой моделью поверхности (ЦМП).

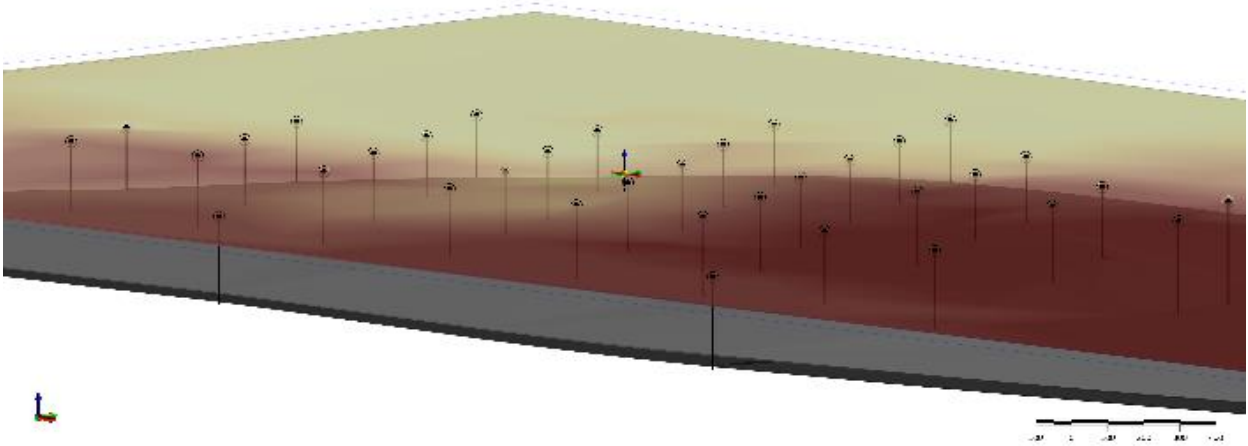


Рисунок 2. Каркасные модели угольных пластов, ограниченных цифровой моделью поверхности в ГГИС Micromine Origin [6]

Кроме того, благодаря цифровым геолого-технологическим моделям горные инженеры могут контролировать и оптимизировать направления горных и геологоразведочных работ и выявлять структурные геологические границы и особенности строения месторождения [7].

С целью быстрого и разумного проведения геологоразведочных работ в ГГИС Micromine Origin горный инженер-геолог может использовать различные модули в зависимости от структуры и вида полезного ископаемого. Так, существуют модули для создания цифровых двойников рудного и угольного месторождений. Главным отличием от других геоинформационных систем является наличие модуля угольного месторождения. Преимуществом является группа инструментов, позволяющие эффективно работать со сложными и относительно простыми горно-геологическими условиями разработки месторождений угля [8].

В процессе анализа литературы и электронных ресурсов было установлено, что отличительной особенностью программного обеспечения K-Mine служит построение геологических разрезов вдоль ломаной разведочной линии и проецирование данных на вертикальную плоскость, в то время как в геоинформационной системе Micromine Origin их можно создавать только вдоль прямой линии. Также, на основе индексов горных пород и расчета мощности слоев по интервалам горных выработок в базе данных геоинформационная система моделирует пластовую блочную модель [9].

В связи с активным развитием и внедрением проектов по импортозамещению актуальным является переход угледобывающих предприятий Кузбасса на отечественные системы трехмерного моделирования. ГГИС Mineframe и Geomix являются российскими IT-средами пространственного моделирования месторождений, которые не уступают иностранным вследствие похожей базовой функциональности.

Особенностью программного обеспечения Mineframe от современных зарубежных инструментов выступает функция построения изолиний мощности угольных пластов [10].

Для отечественной геоинформационной системы Geomix разработано специальное дополнение, служащее для решения ряда ключевых технических задач на производстве таких, как прогнозирование аварийных, нештатных ситуаций по результатам проведения взрывных работ и повышение качества и полноты извлечения полезного ископаемого. Данное приложение является абсолютно уникальной технологией, которая не имеет аналогов в мире [11].

В настоящее время благодаря использованию современных геоинформационных систем в горной отрасли возможно создать трёхмерные модели геологической среды и полностью удовлетворить требования геологической разведки, требующей объемного представления с привязкой к трем ортогональным осям [5]. Внедрение систем управления информационными потоками горного предприятия позволяет управлять данными скважин, создавать каркасные и блочные модели месторождений полезных ископаемых, применять геостатистические методы интерполяции, проектировать подземные горные выработки

и планировать ведение горных работ. Также ГГИС-специалист может формировать горно-графическую и технологическую документации с применением инструментов с выстроенными в них математическими алгоритмами.

В рамках данного исследования был осуществлен обзор как зарубежных, так и отечественных современных геоинформационных систем. Наглядно были рассмотрены особенности программных обеспечений, а также их отличия друг от друга. Было выявлено, что все рассмотренные системы трехмерного моделирования подходят для моделирования геологической среды и создания цифровых двойников угольных месторождений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075-03-2021 138/3).

### Список литературы:

1. Основные показатели угольной отрасли Кузбасса [Электронный ресурс]. – URL: <https://mupk42.ru/ru/press-center/news/novosti-ministerstva/> (дата обращения: 09.03.2023).
2. Басаргин А.А. Особенности моделирования объектов геологической среды при разработке месторождений твердых полезных ископаемых с применением ГГИС Micromine / А.А. Басаргин, В.С. Писарев // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. – Т. 1. – С. 100-110.
4. Тулубаева М.Ф. Применение Surpac в компьютерном моделировании рудных месторождений / М.Ф. Тулубаева, А.М. Мажитов // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2014. – Т. 1. – С. 47-50.
5. Turner A.K. Applied multidimensional geological modeling / A.K. Turner, H. Kessler, M. van der Meulen. – UK: Wiley Blackwell, 2021. – 674 p.
6. Smirnova A.D. Geological Mathematical Block Modelling in Kuzbass Mining Industry / A.D. Smirnova, S. Chen, T.V. Mikhaylova // 2022 IEEE International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON) 2022 IEEE International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON). – 2022. – P. 1970-1973.
7. Комплексное внедрение ГГИС Майкромайн на Вернинском месторождении [Электронный ресурс]. – URL: [https://zolteh.ru/technic/kompleksnoe\\_vnedrenie\\_ggis\\_maykromayn\\_na\\_verninskoy\\_mestorozhdenii/](https://zolteh.ru/technic/kompleksnoe_vnedrenie_ggis_maykromayn_na_verninskoy_mestorozhdenii/) (дата обращения: 09.03.2023).
8. Владимирович Н.О. Горно-геологические информационные системы, область применения и особенности построения / Н.О. Владимирович, Л.С. Вячеславович // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 7. – С. 71-83.
9. K-MINE: Программа для автоматизации горного производства [Электронный ресурс]. – URL: <https://k-mine.com/> (дата обращения: 15.03.2023).
10. MINEFRAME: Цифровые решения для геологии, маркшейдерии, проектирования и планирования горных работ [Электронный ресурс]. – URL: <http://mineframe.ru/> (дата обращения: 13.03.2023).

11. ГЕОМИКС: IT-решения для горного производства [Электронный ресурс]. – URL: <https://geomix.ru/> (дата обращения: 13.03.2023).