

Е. А. Федоров¹✉, А. Н. Соловицкий¹

Моделирование как составная часть технологии геологоразведочных работ (на примере Низовского каменногоугольного месторождения Кузбасса)

¹Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Российская Федерация
e-mail: fedorovegf@gmail.com

Аннотация. Установлены составляющие комбинированных исследований для геологического обеспечения освоения участка Низовский Низовского каменного угольного месторождения и особенности их реализации. Отмечено повышение информативности проводимых геологоразведочных работ при совместной реализации составляющих комбинированных исследований (бурении скважин, геофизических исследований скважин и моделирования на основе геоинформационной системы К-Mine). Практическое использование комбинированных исследований заключается в оптимизации геологической изученности участка.

Ключевые слова: скважина, керн, каркас, доразведка, угольное месторождение

Е. А. Fedorov¹✉, А. N. Solovitskiy¹

Modeling as an integral part of geological exploration technology (using the example of the Nizovsky coal deposit in Kuzbass)

¹Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation
e-mail: fedorovegf@gmail.com

Abstract. The components of combined studies for geological support of the development of the Nizovsky section of the Nizovsky coal deposit and the features of their implementation have been established. An increase in the information content of the geological exploration work carried out with the joint implementation of the components of combined studies (well drilling, geophysical well surveys and modeling based on the K-Mine geoinformation system) has been noted. The practical use of combined studies consists in optimizing the geological exploration of the site

Keywords: well, core, frame, further exploration, coal deposit

Введение

Рост промышленного производства требовал не только увеличения освоения недр, но и эффективности технологий геологоразведочных работ. В прошлом веке на горнодобывающих предприятиях доминирующим методом геологических исследований являлось бурение. Несмотря на достоинства указанного метода, его информативность имеет ограничения, перспективы их преодоления отмечены при применении комбинированных методов. Поэтому актуальность комбинированных исследований для геологического обеспечения освоения угольных месторождений не вызывает сомнений [1]. Их применение обширно, охватывает множество месторождений и имеет исторический аспект [2, 3]. Практическая реализация комбинированных методов шла поэтапно: сначала бурение

проводилось совместно с геофизическими исследованиями, а затем после развития информационных технологий – с моделированием. При этом отмечен рост качества исследований и повышение информативности, что свидетельствует об актуальности темы и научном и практическом интересе. Целью исследований является изучение моделирования как составной части комбинированной технологии геологоразведочных работ на примере Низовского каменноугольного месторождения Кузбасса. Указанную тенденцию рассмотрим подробнее на примере исследуемого месторождения.

Методы исследования первого этапа

Комбинированные исследования для геологического обеспечения освоения участка Низовский Анжерского каменноугольного месторождения имеют три составляющие (рис.1).

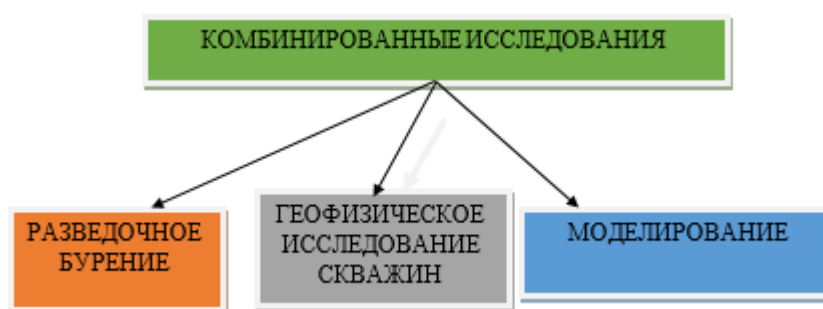


Рис.1. Составляющие комбинированных исследований для геологического обеспечения освоения участка Низовский

Первая составляющая – разведочное бурение (рис. 1) осуществлялась колонковым и змейковым бурением, а также мелкими горными выработками, при этом разведочные линии ориентировались в крест господствующего простирания продуктивной толщи. Простирание толщи определялось преимущественно мелкими разведочными выработками – проходкой по простиранию через 200–250 м дудок, уточняющих элементы залегания пластов и места их выхода под наносы [4]. При этом бурение проводилось в три стадии:

- первая – 1950-е годы;
- вторая – 1960-е годы;
- третья – 2020-е годы.

Систематическое изучение Низовского месторождения было начато с поисковых работ в 1949 г. Именно механическое колонковое бурение являлось одним из основных видов геологоразведочных работ, бурение проводилось вкрест простирания уголеностной толщи. В первую стадию было пробурено около 100 геологоразведочных скважин [5, 6]. Плотность сети на период окончания первой стадии составила 20 геологоразведочных скважин на квадратных километр. Поиски показали, что в данном районе проходит полоса продуктивных отложений с пластами углей рабочей мощности.

На второй стадии был пробурен ряд разведочных и многозабойных опробовательских скважин. Целью бурения служила постановка проверочных работ, обусловленных относительно сложной разрывной тектоникой. Методика ревизионного бурения сводилась к сгущению сети скважина с расчетом получения однозначной увязки пластов угля и тектонических нарушений, проверка дефективных перебурок прошлых лет [7]. Расстояние между скважинами колеблется от 10 до 180 м. Глубины скважин колеблются от 160 до 455 м, средняя глубина 295 м. Пройдены семь разведочных и две опробовательских скважины с целью отбора большевесных технологических проб пластов Коксового, Случайного и Петровского.

Целью третьего этапа являлось подготовка участка Низовский к промышленному освоению открытым способом. Для решения поставленных задач на проведение геологического изучения недр предусматривалось бурение 15 разведочных скважин (с сопутствующими работами). Ведение разведочных работ на участке недр Низовский определялось исходя из того, что достигнутая плотность сети для выделения запасов категорий В и С1 в условиях 2-й группы сложности геологического строения участка полностью удовлетворяет методическим рекомендациям [8, 9] и была направлена на получение однозначной оценки качества угля и горно-геологических условий. В этот период на площади участка пробурены 54 скважины, средняя глубина скважин составила 1470 м. По результатам геологоразведочных работ в период с 1942 по 2023 гг. расстояния между разведочными линиями на большей площади участка составляет от 300 – 400 м, расстояниями между скважинами на линиях 20–300 м. Всего в границах оцениваемой части лицензионного участка пройдена 181 разведочная скважин. Плотность разведочной сети на период окончания последней стадии составила 33 скв/км². Дальнейшее повышение плотности разведочной сети стало не целесообразным, по причине значительного доминирования расходов на бурения над ростом информативности.

Результаты исследования второго этапа

Для повышения информативности бурения скважин с ними в комплексе применены геофизические исследования скважин (ГИС). Методы, которые использовались геофизиками исторический менялись, а методики и приборы для проведения каротажа постоянно совершенствовались [10,11]. В связи с этим, исходя из применяемого набора ГИС, можно выделить четыре основных этапа развития каротажных работ:

- 1948–1953 гг. для определения мощности, структуры, а также местоположение угольных пластов использовались методы кажущегося удельного сопротивления (КС), токово каротажа (ТК). Выполнялся данный метод электрическими электродами и специальной установкой [12];

- 1955–1960 гг. использовались методы предыдущего этапа основными задачами геофизиков были угольные пласты, которые были пропущены в ходе бурения, детализация литологических границ, наличие металлических объектов в скважии [13,14];

– 1960–1966 гг., в этот период каротаж стал использоваться более обширно, целями, которые ставились для геофизиков являлись определение мощности, глубины залегания от дневной поверхности, строение угольных пластов, а также их залегания. Также входило определение азимутального и зенитного угла искривления геологоразведочных скважин.

– на заключительной стадии проведения геофизических исследований начали проводиться уже с помощью новейшей аппаратуры с цифровой регистрации которой удалось сразу одновременно исследовать некоторые параметры такие как: интенсивность рассеянного гамма-излучения, кажущуюся удельную электропроводность, гамма-активность.

Основные цели проведения геофизических исследований скважин были достигнуты, а именно: определение технического состояния скважин (наличие и целостность обсадных труб, уровень бурового раствора, внутренний диаметр труб и скважины, глубина забоя), определение статистического уровня воды, определение глубины и залегания угольных пластов с высокой точностью. В данном этапе все пробуренные скважины были исследованы геофизическими методами, что полностью подтверждает востребованность геофизических исследований скважин.

Обсуждение

На участке Низовский Низовского каменного угольного месторождения АО «Стройсервис» авторами использована геоинформационная система K-Mine для формирования тематических трехмерных картографических геоизображений путем обработки пространственно-атрибутивных данных моделей горного массива, что отражает третью составляющую комбинированных исследований. Реализация указанной составляющей базируется на основе результатов исследований следующих отечественных ученых: Алексеева В. В., Анциферова А. В., Берлянта А. М., Бескида П. П., Биденко С. И., Захарова В. Н., Ивакина Я. А., Карпика А. П., Коликова К. С., Курлени М. В., Лапина С. Э., Леонтьева А. В., Лисицкого Д. В., Опарина В. Н., Писаренко М. В., Потресова Д. К., Степанова Ю. А., Тикунова В. С., Шаклеина С. В., Шека В. М., Яковлева Д. В. и другие [15–18]. На рис. 2 приведен пример результатов моделирования, которое в настоящее время широко применяется на горных предприятиях в АО «Стройсервис» для повышения информативности геологических исследований [19].

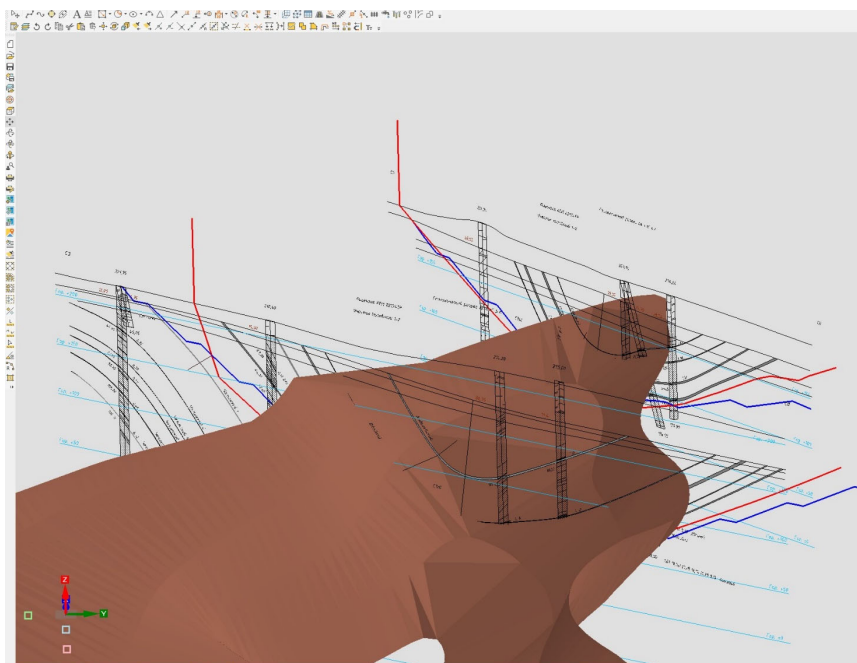


Рис.2. 3D-Каркас пласта Двойной, построенный в информационной системе K-Mine

Реализация третьей составляющей проведенных авторами исследований, заключалась в оцифровке разведочных линий, с последующим созданием 3D моделей угольных пластов в границах горного отвода. Качественное создание моделей позволит выполнять оперативный подсчет каменного угля [20]. Также есть необходимость в создании и пополнении базы данных геологических скважин, которая необходимо в создании блочной модели. Блочная модель позволит произвести более точную оценку запасов каменного угля, найдет оптимальных контур для рационального и экономически выгодного ведения горных работ, позволит управлять и прогнозировать качество добываемого угля, уменьшит процент потерь и разубоивание угля в горной массе.

Заключение

На основании проведенных исследований были сделан вывод о том, что комплекс методов, примененных на участке Низовский Низовского каменного угольного месторождения, позволил повысить информативность исследований и решить задачу геологической изученности с высокой степенью достоверности. Использование геоинформационной системы K-Mine обеспечило оперативное хранение и своевременно внесение геологической информации в базу данных, которая является не только отличным инструментом для создания блочной модели, но и повышает оперативность и качество обработки геологической информации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаклеин, С. В., Писаренко М. В. Концепция развития сырьевой базы Кузнецкого угольного бассейна // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 3. – С. 118–125.

2. Мельников, Н. Н. Геология месторождений угля / Н. Н. Мельников. – 2009. – 105 с.
3. Милютин, А. Г. Разведка и геолого-экономическая оценка полезных ископаемых / А. Г. Милютин. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 120 с.
4. Череповский В. Ф. Угольная база России. – Т. 2. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири / В. Ф. Череповский. – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 604 с.
5. Геофизические исследования в Кузбассе/ А. Н. Соловицкий, Н. Ю. Никулин, Н.А. Смирнов, А. Д. Краснокуцкая, В.С. Сазонов //Наука, инновации, образование: актуальные вопросы и современные аспекты: монография / Под общ. ред. Г. Ю. Гуляева – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2022. – С. 196–205.
6. Меркулов, В.П. Геофизические исследования скважин / В. П. Меркулов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2008. – 138 с.
7. Наставко, Е.В. О цифровой модели угольного месторождения в Кузбассе в ГГИС Micromine / Е.В. Наставко, А.В. Наставко, Ф.Ю. Кайзер, А.Н. Соловицкий // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – №1(127). – URL: <https://research-journal.org/archive/1-127-2023-january/10.23670/IRJ.2023.127.23> (дата обращения: 24.01.2023). – DOI: 10.23670/IRJ.2023.127.23.
8. Басаргин, А. А. Методика создания трехмерных геологических моделей месторождений с использованием геоинформационной системы Micromine / А. А. Басаргин // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 15–20.
9. ГОСТ 21153.1–75. Породы горные. Методы определения коэффициента крепости по Протодьяконову. М.: Издательство стандартов, 2015. – 62 с.
10. Пах, Э.М. Руководство по методике опробования и оценке качества углей Кузбасса при геологоразведочных работах (Отчет по тематической работе). Кузбасская геологоразведочная экспедиция, Ленинск-Кузнецкий, 1969. – 104 с.
11. Справочник Ценные и токсичные элементы в товарных углях России М.: Недра, 1996. – 538 с.
12. Угольная база России. Том II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 604 с.
13. Косков, В. Н. Геофизические исследования скважин: Учеб. пособие / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2004. – 122 с.
14. Геофизические методы исследования скважин / Санкт-Петербургский Горный Университет. Сост.: Н.А. Данильева, Н.В. Большакова СПб, 2021. 22 с.
15. Соловицкий А. Н., Сазонов В. С. О математическом обеспечении геологической оценки угольных месторождений / А.Н. Соловицкий, В. С. Сазонов // сборник статей XXXVII Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной науки и образования». – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2024. – С.191–194.
16. Жуковский Ю. Л., Ишейский В. А., Булдыско А. Д., Гоцул Ю. Д. Роль цифровых технологий в комплексном освоении месторождений твердых полезных ископаемых // Научные междисциплинарные исследования. – 2020. – № 7. – С. 14–19.
17. Писаренко М. В., Рогова Т. Б., Шаклеин С. В. Учет неопределенности интерпретации данных при компьютерном построении горно-геометрических моделей угольных месторождений / Маркшейдерский вестник. – 2018. – № 5. – С. 19–26.
18. Федотов Г. С., Январёв Г. С. Ф Объемное цифровое моделирование геологических тел в процессе разведки: учебное пособие – М.: Издательство «Горная книга», 2021. – 168 с.
19. Косков, В. Н. Геофизические исследования скважин: Учеб. пособие / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2004. – 122 с.
20. Федорова, Н. И. Химико технологические свойства каменных углей Кузбасса. Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – № 5 (111). – С.121–126

© Е. А. Федоров, А. Н. Соловицкий, 2025