

УДК 550.8.072

## **ТРЕХМЕРНАЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ – КАК ОСНОВА ПРОГНОЗА ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА УЧАСТКЕ ОТРАБОТКИ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ТУТУЯССКОЙ ПЛОЩАДИ КУЗБАССА**

Смирнова А. Д., аспирант группы ГМа-211, II курс,  
ассистент кафедры маркшейдерского дела и геологии  
Трофимов М. В., студент группы ПГс-201, III курс  
Научный руководитель: Михайлова Т. В., к.т.н., доцент,  
заведующий кафедрой маркшейдерского дела и геологии  
Кузбасский Государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В настоящее время угольная промышленность является одним из основных источников получения энергии в России, и подавляющая часть запасов угля находится в Кемеровской области [1]. В течение многих лет для удовлетворения потребности экономического и социального развития страны на территории Кузнецкого угольного бассейна ведутся работы по добыче и отработке месторождений полезных ископаемых, что привело к увеличению площадей выработанных пространств и, вследствие этого, площадей поверхностных просядок, а также ряду экономических, социальных и экологических, проблем [2].

С целью обеспечения гармоничного совершенствования технологий по отработке угольных месторождений и охраны окружающей среды, остро необходимые в Кузбассе, требуется оперативное развитие методов по прогнозу деформаций земной поверхности [2]. С ростом требований к разведке и разработке углеводородов в нетрадиционных и сложных горно-геологических условиях точное геомеханическое моделирование становится все более важным для обеспечения безопасных и рентабельных добычных операций.

В процессе возведения подземного сооружения нарушается естественное равновесие массива горных пород, что может приводить к деформациям и подвижкам. Непосредственно над выработкой образуется зона обрушения, над которой породы, прогибаясь, теряют сплошность и в них появляются трещины. При этом расположенная над выработкой земная поверхность также претерпевает деформации. В свою очередь, исследование массива может быть осуществлено с применением методов объемного математического моделирования [3].

Вследствие этого актуальным способом анализа состояния и поведения массива горных пород является применение специализированных программ-

ных обеспечений, служащие для преобразования двумерных пространственных графических данных в трехмерные объекты с целью решения ряда задач по исследованию распределения напряжений и прогнозу вертикальных движений земной коры [4]. Ведь только при условии комплексной оценки развития техногенных геомеханических процессов возможно эффективное и безопасное извлечение угля в Кузбассе [3].

Современная механическая модель недр представляет собой численную визуализацию геомеханического состояния бассейна, площади или месторождения, построение которой позволяет рассчитать пределы допустимых нагрузок и прогнозировать изменения в состоянии массива [5]. Основными целями геомеханического моделирования являются не только определение влияния горной выработки на окружающую её геологическую среду и инженерные сооружения на весь период эксплуатации объекта, но и контроль устойчивости вмещающего массива с целью предотвращения аварийных ситуаций, повышения безопасности и эффективности горных работ.

При создании трехмерной геомеханической модели первым шагом является построение трехмерной геологической, которая содержит в себе данные по вышележащим слоям в дополнении к угольным. В соответствии с получением новых данных в реальном времени и внесением информации геомеханическая модель постоянно актуализируется и характеризуется достоверностью прогноза. Таким образом, на основании графиков планирования бурения скважин и проведения геолого-технических мероприятий механическая модель участка недр выполняется на постоянной основе и позволяет решать ряд важных задач, связанных с повышением эффективности эксплуатации, разработкой угольных месторождений и оптимизацией буровых работ [6].

Прежде чем приступить к геомеханическому моделированию специалисту необходимо знать теоретические основы и методику построения геомеханической модели месторождения, а также основы методов интерполяции геомеханических блочных моделей. На этапе проектирования открытых и подземных работ геомеханику, работающему в горно-геологических информационных системах (ГГИС), требуется построить проектные и фактические каркасы горных выработок, а затем прокодировать каркасы геомеханическими показателями.

В настоящее время в области геологического и геомеханического моделирования активно применяются отечественные и зарубежные специализированные программные обеспечения, решающие разнообразные задачи геологии и геомеханики. Поскольку создавать трехмерные геомеханические модели возможно в тех горных системах, в которых допустимо построение блочных геологических моделей, современный специалист работает и в зарубежных программах, как Micromine Origin, K-Mine и Geovia Surpac [7]. Представленные системы позволяют осуществлять работу с геомеханической базой данных, создавать каркасные модели литологических разностей и доменов, а также определять зоны влияния разломов. Таким образом, современные программные

средства служат для создания геомеханических блочных моделей на горнодобывающих предприятиях и являются технологиями нового поколения [7].

Объектом дальнейшего исследования по созданию трехмерной геологической и геомеханической модели является южный участок Тутуянской площади, который расположен на юго-востоке Кузнецкого угольного бассейна на территории Томь-Усинского геолого-экономического района и считается наиболее изученным, поскольку он примыкает к активно осваиваемым угольной промышленностью Распадскому и Ольжерасскому месторождениям [8]. На Рисунке 1 показана граница Тутуянской площади Кузбасса и близлежащих разведанных участков на уголь.

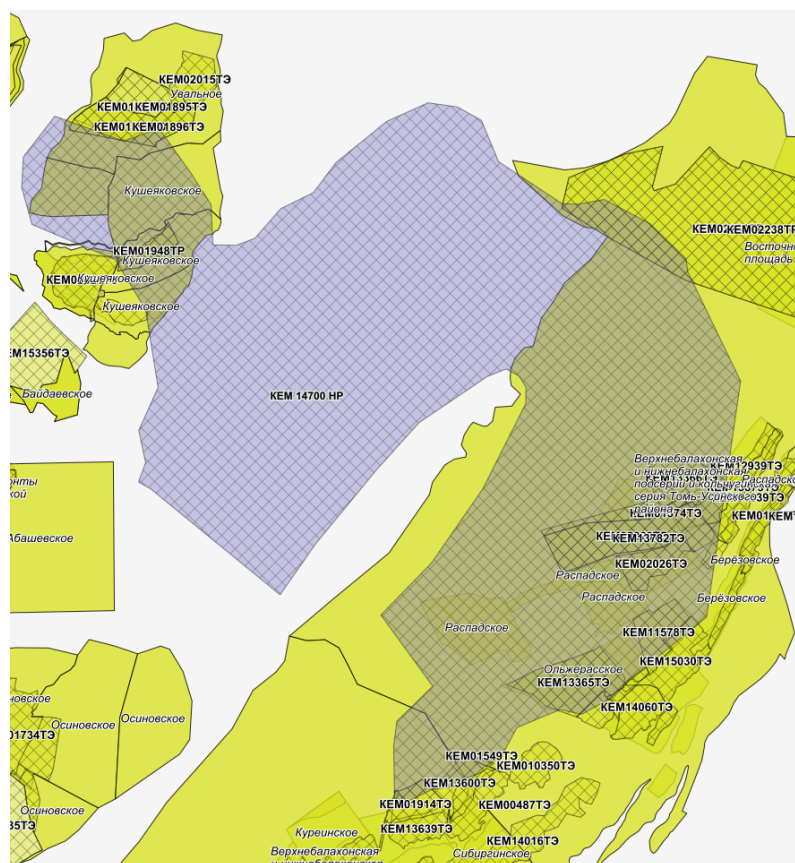


Рисунок 1. Схема расположения Тутуянской площади и лицензионных участков угледобывающих предприятий [9]

Так как участок является подрабатываемым подземными горными работами, необходимо заблаговременно проводить мероприятия по его мониторингу с целью прогнозирования степени и параметров оседания. В районах ведения горных работ по добыче каменного угля вертикальные перемещения приводят к проблемам просадки горных выработок. Также отмечается, что степень оседания обуславливается такими факторами, как геологические условия, параметры добычи и топография земной поверхности [10].

Итак, поскольку угледобыча в Кузбассе непосредственно связана с увеличением глубин залегания пластов и усложнением геологических условий

вследствие повышенного спроса на электроэнергию, добыча полезных ископаемых с помощью системы подземных горных выработок вызывает движение в геологических пластах и на поверхности земли [10]. Поэтому все более значимыми становятся задачи по прогнозу деформаций земной поверхности для избежания возможных экологических катастроф, включая потерю водных ресурсов, повреждение поверхностных и подземных сооружений или деградацию растительности.

С целью прогноза оседаний земной поверхности над выработанным пространством целесообразным считается создание трехмерной геомеханической модели южного участка Тутуянской площади Кузбасса. Так как проведение подземных работ по извлечению из недр полезных ископаемых влечет за собой образование пустот, вызывающих изменения напряженно-деформированного состояния массива, на земной поверхности в будущем могут наблюдаться провалы и оседания [11]. Для контроля и управления массивом горных пород, а также прогноза деформаций земной поверхности требуется создавать модели напряженно-деформированного состояния геологической среды, поскольку развивающиеся деформационные явления значительно влияют на безопасность функционирования техногенных и природных объектов [12]. Работая с геомеханической базой данных и создавая каркасные модели литологических разностей в специализированных программных системах, специалист создает объемные модели, которые служат для описания упругих и прочностных свойств горных пород в земной коре и определения их реакций в процессе разработки месторождения.

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

#### Список литературы:

1. Ненашева, Р. И. Горно-геологические условия при разработке угольных пластов Кузбасса / Ненашева, Р. И. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2012. – 371 с.
2. An overview of integrated surface subsidence-reducing technology in mining areas of China / S. Chen, D. Yin, F. Cao, Y. Liu, K. Ren // Natural Hazards. – 2016. – Vol. 81. – № 2. – P. 1129-1145.
3. Жуков В. С. Динамика физических свойств коллекторов при разработке месторождений нефти и газа / В. С. Жуков, Е. О. Семёнов, Ю. О. Кузьмин // Вести газовой науки. – 2018. – Т. 37. – № 5. – С. 82-99.
4. Захаров В. Н. Изменение напряженно-деформированного состояния углепородного массива при отработке угольного пласта / В. Н. Захаров, А. В. Шляпин, В. А. Трофимов, Ю. А. Филиппов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – № 9. – С. 5-24.
5. Смирнова А. Д. Анализ распределения проницаемости угольных пластов Южной части Тутуянской площади Кузбасса / А. Д. Смирнова, А. Г. Шевцов, Ш. Чэнь // Устойчивое развитие горных территорий. – 2022. – Т. 14. – № 4. – С. 657-665.

6. Карта оцифрованных границ площадей залегания полезных ископаемых [Электронный ресурс]. – URL: <https://rfgf.ru/> (дата обращения: 16.03.2023).
7. Xu J. High-intensity longwall mining-induced ground subsidence in Shendong coal-field, China / J. Xu, W. Zhu, J. Xu, J. Wu, Y. Li // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. – 2021. – Vol. 141. – P. 104730. Doi.org/10.1016/j.ijrmms.2021.104730.
8. Can E. Effects of mining subsidence on masonry buildings in Zonguldak hard coal region in Turkey / E. Can, Ş. Kuşcu, M. E. Kartal // *Environmental Earth Sciences*. – 2012. – Vol. 66. – № 8. – P. 2503-2518.
9. Роженов Е. А. Повышение достоверности геомеханического моделирования на территории Северо-Кавказско-Мангышлакской нефтегазоносной провинции по комплексу разномасштабных геолого-геофизических исследований / Е. А. Роженов. – Москва: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, 2022. – 104 с.
10. Меликов Р. Ф. Геомеханическое моделирование березовской свиты для планирования разработки Харампурского месторождения / Р. Ф. Меликов, В. А. Павлов, А. А. Красников, Н. А. Павлюков, А. О. Гордеев // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. – 2018. – № 1. – С. 33-39.
11. LithoStudio – Геомеханика [Электронный ресурс]. – URL: <https://geomechsoft.ru/> (дата обращения: 23.03.2023).
12. 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. – С. 1970-1973.