

УДК 553.94:550.8

Е.С. Козий

Ye.S. Kozii

*Национальный технический университет «Днепропетровская политехника»
Министерства образования и науки Украины, г. Днепр, Украина
Dnipro University of Technology, Ministry of Education and Science of Ukraine,
Dnipro, Ukraine*

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗА УСТОЙЧИВОСТИ УГЛЕВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД ПО КОМПЛЕКСУ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

PECULIARITIES OF FORECASTING THE STABILITY OF COAL-BEARING ROCKS BY THE COMPLEX OF GEOLOGICAL-GEOPHYSICAL METHODS

Использование предложенного комплекса геолого-геофизических методов позволяет максимально подробно и оперативно определять физико-механические свойства углевмещающих пород в их естественном залегании непрерывно по всему геологическому разрезу скважин пробуренных на месторождениях и получать кондиционную геологическую информацию для прогноза поведения пород в горных выработках. Предложенная методика прогноза устойчивости углевмещающих пород дает возможность оперативно и эффективно принимать решения техническим подразделениям угледобывающих предприятий. Она учитывает весь существующий массив геолого-геофизической и горно-технологической информации полностью удовлетворяет существующие нормативные требования, как при проектировании новых угледобывающих предприятий, так и уже на действующих шахтах. Разработанная методика может применяться при планировании и проектировании элементов системы разработки с учетом управления горным давлением и сдвиг пород; проектировании высокоэффективных способов ведения горных работ; прогнозировании степени их опасности.

Ключевые слова: устойчивость пород, физико-механические свойства, геомеханическая система, очистные выработки, ложная кровля.

Введение. Инженерно-геологические исследования, включающие изучение физико-механических свойств и устойчивости пород кровли угольных пластов являются обязательными при геолого-экономической оценке угольных месторождений. В то же время, на постсоветском пространстве физико-механические свойства углевмещающих пород, как правило, определялись и продолжают определяться только лабораторными методами. При этом, изучение механической прочности должно проводиться в не менее 20-25% разведочных скважин. Такой способ изучения свойств горных пород кроме трудоемкости и высокой стоимости отбора и испытания образцов и ряда других существенных недостатков, связанных с уменьшением выхода и потерей керна в слабых породах кровли и почвы угольных пластов, характеризуется невозможностью охватить испытанием все разведочные скважины во всем интервале разреза и невоспроизводимостью прессовых испытаний. Использование комплекса геолого-геофизических методов позволяет максимально подробно и в то же время оперативно изучать физико-механические свойства углевмещающих пород в их естественном залегании непрерывно по всему геологическому разрезу всех

скважин, пробуренных на месторождении. Использование геофизических методов исследования скважин при дальнейшем построении литолого-прочностных карт кровли и почвы угольных пластов, карт устойчивости пород кровли, ее погрузочных свойств и управляемости в значительной степени уменьшает влияние перечисленных недостатков лабораторных определений по керновым пробам и обеспечивает необходимую полноту и надежность прогноза поведения пород в горных выработках. Необходимо учитывать, что так, как физико-механические свойства по своей природе тесно связаны с литолого-фациальными и петрографическими особенностями пород, а значение каротажных параметров кроме того зависят и от условий бурения, то многообразие геологических и скважинных условий на различных угольных месторождениях (шахтных полях) даже в пределах одного геологического района делает принципиально невозможным разработку и применение для расчетов любого из параметров механических свойств горных пород универсальных формул или догматических рецептов. Поэтому, для определения зависимостей, позволяющих рассчитывать механические свойства пород с достаточно высокой точностью и надежностью в пределах конкретных месторождений, необходимо проведение специального комплекса исследований, которые позволили творчески учитывать на основании анализа аналитических и эмпирических данных конкретные природные и техногенные информационные особенности объекта исследований.

Цель работы заключается в разработке комплексной методики прогнозирования устойчивости углевмещающих пород, учитывающий все уже существующий массив геолого-геофизической и горно-технологической информации, которая может и должна применяться, как при проектировании новых угледобывающих предприятий, так и на уже действующих шахтах. **Результаты (краткое описание методики).** Комплексный метод прогнозирования устойчивости углевмещающих пород предусматривает последовательное выполнение трех взаимосвязанных этапов: 1) расчет предела прочности пород при сжатии и растяжении (послойных и в массиве) для 20-метрового интервала кровли и 10 метрового почвы угольных пластов по стандартному комплексу геофизических измерений в скважинах с использованием ограниченного количества прямых лабораторных определений; 2) выделение и количественная оценка ослабленных кавернозно-трещиноватых зон в разрезах скважин по данным стандартного и акустического каротажа и геологической документации; 3) характеристика активной кровли угольных пластов по устойчивости, нагрузочным свойствам и управляемости. Поэтапный комплексный подход к прогнозу поведения пород позволяет с наибольшей полнотой использовать данные геологической разведки (стандартный и акустический каротаж, описание керна, результаты лабораторных определений) и дать характеристику активной кровли по трем основным показателям. К важнейшим геологическим причинам, что определяет состояние выработок, относятся глубина залегания и прочность пород, склонность их к расслоению, обводненность и литологический состав, наличие межслойных сдвигов, развитие кавернозно-трещиноватых зон и др. Выявление, учет и оценка этих факторов традиционными методами,

основанными на документации и лабораторных исследованиях керна, уже не удовлетворяют требованиям проектных и эксплуатационных организаций. Поэтому в последние 15-20 лет все шире применяются методы косвенной оценки физико-механических свойств горных пород по данным геофизических исследований. Использование результатов стандартного комплекса угольного каротажа позволяет минимум в 5-6 раз увеличить исходные данные и существенно повысить достоверность прогноза.

Первый этап. Несмотря на разный подход к порядку и форме обработки фактического материала, а также к выбору территории, для которой просчитываются конечные уравнения, в основе метода оценки физико-механических свойств лежит статистическая обработка данных, корреляционный и регрессионный анализ с расчетами уравнений парной и множественной регрессии. Методика, разработанная в Национальном техническом университете «Днепропетровская политехника» под руководством члена-корреспондента Национальной академии наук Украины А.З. Широкова соответствует всем требованиям нормативных документов, регламентирующих изучения механических свойств углевмещающих пород и угля при проведении геолого-экономической оценки угольных месторождений и проектировании новых выработок на действующих угледобывающих предприятиях. Она предусматривает строгий учет конкретных геологических условий (литолого-фациальный и петрографический состав, степень катагенеза, характер залегания пород, наличие разрывных нарушений и других ослабленных зон) каждого отдельного участка (шахтного поля), для которого проводятся исследования. Обрабатываются ограниченное количество результатов лабораторных испытаний механических свойств пород и наиболее информативных стандартных методов каротажа, имеющих с ними устойчивые и тесные связи. Чаще всего это КС-градиент зонд, КС-потенциал зонд, ГК каротажа и кавернометрия. Результаты последней связаны с механической прочностью пород нелинейной зависимостью. Этот метод наиболее чувствителен при малых и средних значениях предела прочности пород на сжатие (до 60 - 65 МПа). Параметры КС связаны с показателями прочности зависимостью, близкой к линейной. Однако при малых сопротивлениях, соответствующих породам с низкой механической прочностью связь становится нелинейной, а метод малочувствительным. Обычно естественная радиоактивность осадочных пород находится в обратной зависимости с их прочностью, причем метод наиболее эффективен для пород средней прочности и крепких. Теснота связи между механической прочностью пород и указанными параметрами в парных уравнениях регрессии характеризуется, как правило, коэффициентами корреляции от 0,72 до 0,99. Сопоставление значений прочности полученных путем прессовых испытаний в лабораторных условиях и рассчитанных по результатам акустического и стандартного комплекса каротажа, позволяет считать эти методы равнозначными. Рассчитаны с помощью уравнений регрессии показатели прочности (послойные и в массиве) для 20 м кровли и 10 м почвы угольных пластов, берут в основу построения прогнозных литолого-прочностных карт (например, рис.1).

Второй этап прогнозирования устойчивости углевмещающих пород пред-

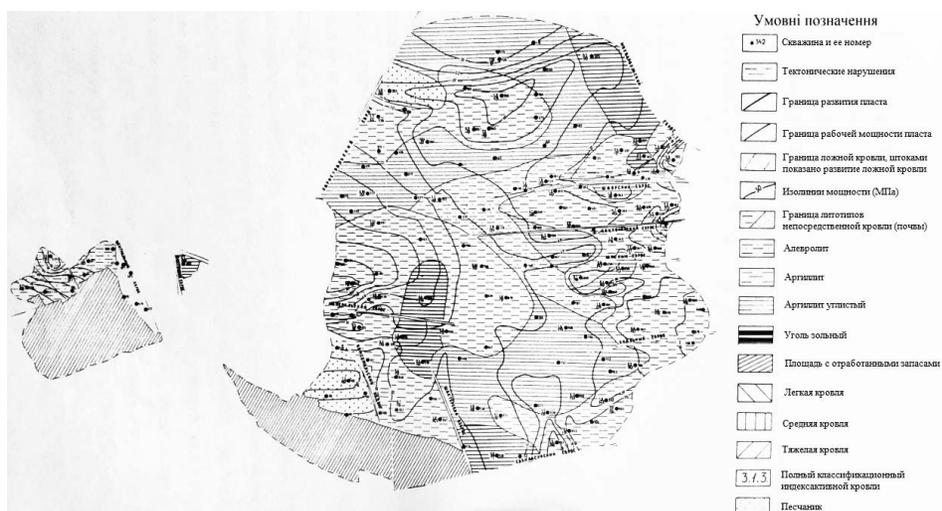


Рисунок 1 – Литолого-прочностная карта кровли пласта III₁₊₂ Ткибули-Шаорского угольного месторождения (Грузия)

усматривает выделение и оценку ослабленных зон в кровле и почве пластов в скважинах по стандартному комплексу геофизических исследований, акустическому каротажу и геологической документации. Применение стандартного комплекса позволяет не только установить пространственное положение ослабленной зоны, но и дать ей количественную оценку. Акустический каротаж хорошо выделяет зоны дробления, трещиноватости и горизонты перемятых пород. Эти же зоны отмечаются в геологических журналах при послыном описании керна и почти всегда сопровождаются его потерями. Метод кавернометрии и плотностной гамма - гамма каротаж позволяют выделить нарушены интервалы пород и связанные с ними прямой зависимостью. Влияние буровой колонны на рост диаметра скважины при прочих равных геологических условиях определяется глубиной подбурков под пласт и кривизной ствола скважины. Чтобы исключить влияние этих факторов на характеристику кавернозно - трещиноватой зоны в расчет вводится относительное увеличение диаметра скважины, как разница между диаметром конкретной каверны и средним фактическим диаметром скважины в интервале активной кровли и почвы угольного пласта. Для количественной оценки ослабленных зон по данным кавернометрии в скважинах авторами предложен коэффициент кавернозность K , отражающий степень пораженности углевмещающих пород ослабленными зонами.

Третий этап. При построении карт развития ослабленных зон картографической основой является одномасштабные гипсометрические планы угольных пластов. На них у каждой из скважин выносятся значения коэффициента K , строится контур предполагаемой ложной кровли, тектонические нарушения и некоторые другие данные. Изменения кавернозности (степени ослабления) пород кровли (почвы) угольного пласта изображаются изолиниями, которые строятся методом линейной интерполяции на площади исследуемого участка (шахтного поля). Как известно, поведение пород в горных выработках харак-

теризуется их способностью сопротивляться горному давлению после обнажения и перехода в состояние предельного равновесия. Сам процесс перехода зависит от изменчивости природных особенностей пород и развивается в пространстве и времени. Устойчивость выработанного пространства определяется динамикой развития геомеханической системы кровля - целик - грунт. Конкретные условия проявления горного давления вызванные природными и техногенными факторами, совокупность которых и формирует конкретную геомеханическую обстановку [1, 2, 3, 4]. Существующие в угольных бассейнах мира классификации пород кровли по степени их устойчивости можно разделить на две группы: горнотехнические и горно-геологические. В горнотехнических классификациях главными признаками являются площадь и продолжительность устойчивого обнажения нижних слоев кровли общей мощностью до 1 м. Основной недостаток такого подхода - отсутствие учета вещественных и текстурно-структурных особенностей, а также тех плоскостей ослабления (кавернозно - трещиноватых зон), которые закладывались в породах процессами седиментогенеза и всем последующим периодом геологического развития угленосного комплекса. Горно-геологические классификации концептуально основаны на том, что устойчивость и характер обрушения пород определяются их физико-механическими свойствами и геологическими особенностями. Горно-геологические классификации отличаются тем, что они раскрывают причины разного поведения пород в горной выработке и позволяют предположить их характер впереди очистного забоя, а горнотехнические классификации только констатируют фактическое состояние пород при различных условиях разработки и в этом смысле являются пассивными. Погрузочные свойства кровли очистных выработок зависят от мощности в ее разрезе пород, легко обваливаются, от мощности и шага обрушения пород, трудно обваливаются. Основным критерий разделения кровли на типы по погрузочным свойствам - отношение суммарной мощности слоев пород, находящихся в интервале активной кровли и легко обваливаются, к мощности извлекаемого угольного пласта. Это отношение характеризует долю участия пород, которые трудно обваливаются в формировании внешнего активной нагрузки, передаваемой ими на крепление очистной выработки. Под управляемостью кровли понимается ее способность подвергаться воздействию комплекса мероприятий, обеспечивающих безопасную работу шахтеров и предотвращения вываливания пород в призабойное пространство, зажима креплений, завалов очистных забоев и в целом устойчивость контура горных выработок в динамично меняющихся во времени и пространстве различных негативных проявлений горного давления. Управляемость кровли определяется ее устойчивостью и погрузочными свойствами. Карты устойчивости кровли очистных выработок (например, рис. 2), содержащие информацию о площади развития ложной кровли и кавернозно - трещиноватых зонах, об устойчивости непосредственной кровли, о типе основной кровли по погрузочным свойствам, а следовательно, и о классе управляемости активной кровли, являются исходными материалами, которые позволяют сделать выбор способов управления кровлей, обосновать паспорта крепления, обеспечить безопасность труда, улучшить планирование и технико-техно-

REFERENCES:

1. Voitenko V.S. Rock pressure management while in drilling wells // М: Nedra. 1985. – 181 p.
2. Hlushko V.T., Krynychanskyi G.T. Engineering and geological forecasting of the stability of the workings of deep coal mines // М: Nedra. 1974. – 175 p.
3. Bulyn N.K. Modern stress field in the upper horizons of the earth's crust // Geotectonics. 1971. – No 3. – pp. 3-15.
4. Alymzhanov M.G. About the problem statement of stability of the walls of deep wells // RAS reports. 1992. – V. 325. – No 3. – pp. 445-449.

УДК 622.24.055

Б.М. Нуранбаева, М.О. Омарова, А.С.Болатова, К.У.Сатканова
B. M. Nurabayeva, M. O. Omarova, A. S. Bulatova, K. U. Satkanova
Caspian University, Алматы, Казахстан
Caspian University, Almaty, Kazakhstan

**АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ
ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРАЧАГАНАК**

**ANALYSIS OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL MEASURES
TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE KARACHAGANAK FIELD
OPERATION**

Аннотация. Для повышения эффективности эксплуатации месторождения были проанализированы методы проведения соляно-кислотной обработки, гидроразрыва пласта, а также использование горизонтальных скважин. Дана характеристика преимуществ использования горизонтальных скважин перед обычными вертикальными с проведением гидроразрыва пласта.

Ключевые слова: месторождения, эксплуатация, эффективность, анализ, мероприятия.

Abstract. In order to improve the efficiency of field exploitation, the methods of salt-acid treatment, hydraulic fracturing, as well as the use of horizontal wells have been analysed. The advantages of using horizontal wells over conventional vertical wells with hydraulic fracturing are described.

Keywords: oilfields, operation, efficiency, analysis, measures.

Карачаганакское нефтегазоконденсатное месторождение является одним из крупнейших месторождений углеводородов в мировом масштабе, а если учитывать особенности его геологического строения и характеристику эксплуатационных объектов, – уникальных. Месторождение выделяется глубиной залегания до 5200м, большим этажом продуктивности – 1600м, сравнительно небольшой площадью газоносности, высоким содержанием конденсата – до 800г/м³. Пластовое давление составляет порядка 53-60 МПа, пластовая темпе-