

НИКОЛИН В.И., ХУДОЛЕЙ О.Г., (ДонНТУ)
магистранты КАПУСТИН А.А., ЧЕМИТОВ А.В. (ДонНТУ)

ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НИЖЕ ЗОНЫ ГАЗОВОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ

Обоснованна необходимость отработки угольных месторождений на больших глубинах для обеспечения энергетической безопасности Украины. Изучен вопрос об основных особенностях формирования горного массива в условиях Донбасса. Проведен анализ концепции разрушения горного массива при разгрузке. Выявлена связь деформаций генетического возврата с процессом разрушения краевой части угольного массива.

Основными источниками энергии на сегодня являются геологические топливно-энергетические ресурсы: нефть, уголь, газ, горючие сланцы, торф, уран и т.д. На их долю приходится до 93% производимой в мире энергии. Оставшиеся 7% возмещаются использованием возобновляемых источников энергии, т.е. воды, солнца, ветра, биомассы и другой геотермики. Очевидно, что в этих условиях развитие современного общества в значительной мере зависит от степени освоения человечеством геологических топливно-энергетических ресурсов.

На сегодняшний день в мире существует резкая диспропорция между объемом различных видов топлива в разведанных запасах и их долей в производстве энергии. В частности, нефть и газ обеспечивают 61% мирового энергопроизводства, хотя на них приходится только 26% разведанных запасов, а уголь, при наилучшей обеспеченности доказанными запасами (63,3%), вырабатывает лишь 26% энергии. Данное обстоятельство становится еще более актуальным в связи с ограниченностью и невозполнимостью энергоресурсов по нефти и газу. По оценкам Международного энергетического агентства по состоянию на 2003-й г., при существующих темпах потребления разведанные запасы по нефти будут исчерпаны уже через 30 лет, а газа - в ближайшие 50, в то время как запасов угля при самом интенсивном использовании хватит на 200 лет.

В связи с отмеченными обстоятельствами можно предположить, что если не будет найдено новых месторождений нефти или других альтернативных видов топлива, то уже к 2030-му году уголь может стать основным источником топливной энергии, т.к. имеет огромные запасы по сравнению с нефтью и газом.

Высокие цены на нефть и газ, а также новые технологии использования угля снова делают угольную отрасль экономически привлекательной для Украины. На фоне нарастающего глобального нефтегазового дефицита Украине не остается другого выбора, как строить энергетическую независимость на отечественном сырье. К тому же уголь — единственный энергоноситель, которого в Украине достаточно для полного обеспечения потребностей национальной экономики. В структуре запасов органического топлива доля угля занимает 95%, а нефти и газа — лишь 5%.

В настоящий момент в Украине действует 138 шахт, еще приблизительно 100 шахт закрыты или находятся в режиме откачки воды. С прибылью работают лишь полтора десятка угольных предприятий, остальные официально убыточные и существуют за счет государственных дотаций.

Однако, как уже отмечалось ранее, Украина как самостоятельное государство не сможет выжить в сложившихся геополитических и экономических условиях без

эффективной концепции энергетической безопасности, а следовательно, без реанимации и дальнейшего развития угольной отрасли.

Строительство новых шахт предусматривает огромные суммы капитальных вложений, которые на сегодняшний день ни может себе позволить ни государство, ни частный инвестор.

В ближайшей перспективе объективная реальность в Украине такова, что увеличение добычи возможно лишь на уже имеющихся шахтах, в том числе и за счет перехода горных работ на более глубокие горизонты.

Известное мнение уважаемых корифеев горной науки о том, что при увеличении глубины разработки будут ухудшаться условия отработки угольных пластов, вследствие активизации газодинамических явлений (ГДЯ) и запредельных значений напряжений горного массива, не всегда соответствует действительности. Это подтверждается достаточно длительным опытом работы целого ряда шахт Донбасса на глубинах более 1000 метров.

Относительно проблемы об активизации ГДЯ вследствие увеличения глубины разработки, то в начале семидесятых годов прошлого века была высказана идея уменьшения силы и частоты внезапных выбросов угля и газа на больших глубинах [1, 2], правильность которой доказывалась данными опыта разработки выбросоопасных шахтопластов Центрального района Донбасса. Спустя десятилетие анализ опыта ведения горных работ в Донбассе [3, 4] позволил сделать вывод, что несмотря на непрерывный рост количества разрабатываемых выбросоопасных шахтопластов, общее число внезапных выбросов угля и газа – уменьшается.

В связи с увеличением глубины разработки традиционные знания, теории и гипотезы о состоянии горного массива и его разрушении не всегда подтверждаются натурными наблюдениями и экспериментами.

В традиционных подходах длительное время предметом изучения были напряженное состояние породных и угольных массивов и процессы перераспределения напряжений при развитии горных работ. Целью такого подхода является оценка прочности углепородного массива. Эта задача решается с помощью традиционных методов сопротивления материалов. Даже в соответствующих, регламентирующих горные работы документах она является определяющей.

Вывод о прочности массива формируется в результате сопоставления максимальных действующих напряжений и прочностью горных пород. Этот подход был перенесен в механику горных пород из расчета строительных и машиностроительных конструкций совместно с методами анализа напряженного состояния [5].

Однако, многочисленные инструментальные исследования показывают, что разрушение породных массивов в некоторых локальных областях, где уровень напряженного состояния превышает прочность горных пород, не приводит к процессу разрушения [6].

С целью более точного и научно обоснованного объяснения и прогноза поведения горных пород в различных условиях широко используется теория допредельного деформирования породных массивов (методы линейной и нелинейной теории упругости и теории ползучести) и теория запредельного деформирования и разрушения (методы теории трещинообразования, предельного равновесия, запредельного деформирования, методы кинетической теории прочности) [2].

Как бы ни хороша была сегодняшняя теория, она не всегда сможет объяснить целый ряд фактов, имеющих место при отработки угольных пластов на больших глубинах.

К таким фактам можно отнести: наличие запредельно большого количества метана при выбросе угля и газа; отсутствие фильтрационных свойств угольного массива; изменение представления об угле как о трещиноватопористом коллекторе; саморазрушение краевой части угольного пласта после его обнажения; снижение, а в большинстве случаев и полное прекращение ГДЯ и т.д.

Все это обуславливает возникновение новых взглядов и разработку новых методических подходов к описанию процесса разрушения угольных пластов в глубоких шахтах.

На наш взгляд первым этапом изучения особенностей разрушения угольных пластов на больших глубинах должен быть анализ особенностей формирования горного (осадочного) массива.

Естественно, что описать особенности всего многообразия горных пород в массиве является нереальной задачей, поэтому остановимся лишь на особенностях формирования выбросоопасных массивов, сложенных углями и песчаниками.

Можно выделить три основные особенности формирования горных массивов: постепенное увеличение глубины залегания, приводящее к росту напряженности массива, его уплотнению; физико – химические превращения органического материала в условиях трехосного сжатия и сравнительно высоких температур; наличие инверсионных процессов, в результате которых горный массив оказался на современной глубине (постинверсионный период) [7].

В различных районах Донбасса разрабатываются угли разной степени метаморфизма, представленные марками углей от длиннопламенных (Д) до антрацитов (А). По мнению многих специалистов столь различную степень преобразования органической массы определила глубина ее погружения. Увеличение степени метаморфизма каменных углей характеризовалось уменьшением выхода летучих веществ (v^{daf} от 39,5 до 9,2%) и логарифма удельного электросопротивления антрацитов ($lg\rho$ от 7,59 до 0,4). Оно сопровождалось увеличением плотности органической массы от 1,25 до 1,75 т/м³, т.е. в 1,4 раза. Совершенно очевидно, что гравитационные напряжения значительно превосходили предел упругости. Имело место пластическое деформирование [7].

С позиций влияния этих процессов на свойства пород (породного массива) очень важно, что пластическое деформирование (в том числе деформации ползучести) имело место при трехосном сжатии.

Сама природа формирования осадочных массивов в условиях трехосного сжатия, когда имело место пластическое деформирование, предопределяет низкую сопротивляемость горных пород (углей) напряжениям (деформациям) растяжения.

В соответствии с изложенным, чем больше глубина погружения для углей разных марок, тем большее должно быть различие по сопротивляемости напряжениям сжатия и растяжения.

Другим важным следствием формирования массива в условиях длительного времени сохраняющегося трехосного сжатия, приводящего к существенному пластическому деформированию, является наличие в условиях полной или частичной разгрузки деформаций обратного знака – деформаций упругого последствия и обратной ползучести [8].

Вторая особенность формирования горного массива состоит в том, что глубина погружения в сочетании с довольно высокой для осадочных пород температурой (для антрацитов соответственно 9000 м и примерно 300°С) определили не только уплотнение горного массива, но и физико-химические превращение. Для органических материалов это выразилось в росте содержания углерода с 84,0 в газовых

углях до 97,5% в антрацитах и изменении других показателей органического материала [7].

Третья особенность формирования осадочного массива Донбасса заключается в том, что период погружения обломочного и органического материала (доинверсионный) сменился периодом постинверсионным. Тектонические силы «подняли» угольные пласты и вмещающие их породы на современную глубину.

Инверсия привела к существенному нарушению целостности угленосного массива. Всевозможные тектонические нарушения, тектоническая препарация превратили массив в целом, а также отдельные его районы, участки, блоки в очень неоднородные по прочности, деформационным, газодинамическим и другим характеристикам. Метаноносные угольные и породные пласты, оказавшиеся в окрестности (вблизи) всевозможных нарушений и структур, за геологические периоды где-то дегазировались существенно, а где-то значительно меньше. Неоднородность отдельных районов, участков, блоков усугубилась и по газоносности.

Научное осмысление отмеченных особенностей формирования осадочных массивов и многолетние лабораторные и натурные эксперименты [8, 9, 10, 11, 12, 13, открытие А-297 и др.] нашли свое отражение в ранее не рассматриваемом направлении исследований – уточнении природы разрушения осадочных массивов, вмещающих горные выработки. В основе новых представлений лежит утверждение того, что причиной разрушения является не современная напряженность или какой-то ее рост, концентрация напряжений на контуре, впереди выработок, а разгрузка напряженных пород (угля) в окрестности искусственно образованной полости (выемки, выработки), приводящая к возникновению и развитию деформаций генетического возврата (ДГВ) в направлении полости – выработки [14]. Отмеченные деформации характеризуются большим запасом потенциальной энергии, которая позволяет протекать им достаточно продолжительный период времени.

Выявленные особенности формирования осадочных массивов и новые представления о развитии деформаций генетического возврата позволяют сформулировать два положения. Положение первое – величина деформаций обратной ползучести является функцией прочностных и деформационных характеристик породы, напряженного состояния, обусловившего пластическое деформирование, времени деформирования, влажности породы, а также времени, прошедшего от момента разгрузки. Но для исследования процесса инверсии необходимо учитывать еще один важный фактор – современную глубину залегания. Это необходимо потому, что современная глубина залегания, оказавшаяся значительно меньшей чем глубина погружения, обусловила пластическое деформирование обратного знака (ДГВ) задолго до начала ведения горных работ. В частности, породы залегающие на небольшой глубине (до 100 м), вполне могут быть отнесены к породам, при разгрузке которых деформаций обратной ползучести в настоящее время практически не будет. Обусловлено это тем, что современные гравитационные напряжения по сравнению с действовавшими до инверсии незначительны, и ими можно пренебречь. Следовательно, породы залегающие в настоящее время на небольших глубинах (порядка 100 – 200 м), можно рассматривать как практически исчерпавшие деформации обратной ползучести в результате инверсии. Это положение не может распространяться на глубины 400 – 500 м и особенно 1000 м и более.

Второе положение – формирование зоны разгрузки вследствие ДГВ обуславливает образование так называемой скрытой нарушенности. Она характеризуется тем, что даже визуально совершенно монолитный породный массив содержит микротрещины различной направленности и длины. Данный факт установлен

многими исследователями и подтвержден, в частности, соответствующим экспериментом выполненным на шахте им. А.А.Скочинского [7].

Все изложенное выше подчеркивает принципиальную важность влияния условий формирования осадочного массива на его свойства.

Факт разрушения горных пород в момент разгрузки, а не при увеличении напряжений, в начале 1940-х гг. был впервые случайно обнаружен П.В.Бриджменом [15]. Им испытывались образцы цилиндрической формы в установках, позволяющих создавать трехосное напряженное состояние. Соотношение напряжений было следующим

$$\sigma_Z \neq \sigma_X = \sigma_Y \quad (1)$$

где σ_Z - вертикальные напряжения; σ_X, σ_Y - горизонтальные.

Основной смысл экспериментов заключался в исследовании деформационных возможностей различных материалов. После записей деформаций в течение определенного периода времени испытания завершались разрушением породы. Неожиданно при извлечении очередного образца было обнаружено что стекло распалось на несколько дисков. При обсуждении результатов экспериментов П.В.Бриджмен подчеркнул, что «разрыв при снятии, а не при приложении напряжений представляет собой парадоксальное явление» [11].

Более чем через 20 лет эксперименты на установках для трехосного сжатия с целью определения зависимости размеров пластических деформаций от напряженности выполняли Г.Д.Бузер, К.Х.Хиллер, С.Серденгекти [16]. Испытывались образцы нефтеносных известняков Индианы. Соотношение компонентов напряжений не соответствовало (1) и было наиболее близким подавляющему большинству ситуаций, соответствующих реальному соотношению напряжений в горных массивах

$$\sigma_Z > \sigma_X = \sigma_Y \quad (2)$$

Запись пластических деформаций (в том числе деформаций ползучести) позволяла не только измерять их величину, но и контролировать разрушение. В очередной серии экспериментов было обнаружено разрушение цилиндров при разгрузке на вафлеобразные пластины, плоскости которых были перпендикулярны к оси максимальных сжимающих напряжений.

В зависимости от величины горизонтальных напряжений, насыщенные водой, образцы при трехосном сжатии разрушались по разному: хрупкое разрушение, пластичный тип разрушения, деформации без потери сцепления. Некоторые образцы расслоились после разгрузки на тонкие диски, перпендикулярные к оси максимальных сжимающих напряжений. Со ссылкой на П.В.Бриджмена экспериментаторы констатировали, что разрушение этого типа возникают в процессе снятия напряжений.

Проанализировав результаты экспериментов, необходимо акцентировать внимание на следующих фактах. Во – первых, разрушение при разгрузке имело место после трехосного сжатия, сопровождавшегося пластическим деформированием определенной величины. Во – вторых, давление жидкости внутри трещин исследуемого материала способствовало разрушению образцов при разгрузке.

Реальность процесса разрушения образцов песчаника и угля, находившихся в состоянии трехосного сжатия, была подтверждена специальными экспериментами при

изучении способности горных пород к разрушению при разгрузке [17, 18, 19, 20, 21, 22].

Проведя анализ результатов экспериментов можно выделить следующие факты:

- не сопровождается разрушением снятие напряжений, если при объемном сжатии $\sigma_Z = \sigma_X = \sigma_Y$ процесс нагружения – разгрузки протекает практически мгновенно и перед разгрузкой не происходит пластического деформирования;
- процесс разгрузки не мгновенен;
- наличие в породах песчаника (угля) метана увеличивает их склонность к хрупкому разрушению при разгрузке.

Эти факты подтверждаются многочисленными шахтными наблюдениями, и в частности при образовании разгрузочных пазов на шахте «Комсомолец» ПО Артемуголь, на шахте им.А.А.Скочинского (западная и восточная панели) [7].

Весьма своеобразным является разрушение горных пород при бурении керновых скважин на диски. В течение многих лет керновое бурение было общепризнанным и общепринятым способом ведения геологоразведочных работ.

Примерно в конце 1950-х – начале 1960-х гг. независимо друг от друга специалисты ЮАР, ФРГ и СССР обнаружили разделение на диски кварцитов, солей и песчаников. В ФРГ для оценки выбросоопасности солей был создан Фрайбергский метод прогноза по керну, а в СССР – способ прогноза степени выбросоопасности песчаников при проведении выработок, ставший нормативным.

Позже признак разделения кернов на диски был использован для разработки способа прогноза удароопасности, который в настоящее время тоже является нормативным для рудников, разрабатывающих удароопасные месторождения. Разделение кернов на тонкие диски как комплексный показатель применялось также при создании метода прогноза выбросоопасности песчаников по данным разведочного бурения.

Многokrратно решалась задача и о аналитическом описании процесса разделения керна на диски.

Методами теории упругости решалась плоская задача о распределении напряжений в цилиндре, равномерно нагруженном по длине до границы раздела керна – породный массив [19]. В связи с тем, что отрыв керна от массива происходит во время бурения скважины в области перехода от уже выбуренного (разгруженного) породного цилиндра к напряженному горному массиву, постановка и решение плоской задачи [19] не может быть признана правильной, так как она не соответствует имеющему место в действительности состоянию трехосного сжатия.

Попытка аналитически оценить напряженное состояние керна, получаемого при бурении глубоких (до 10000м) скважин, приведена в работе [23]. В начале статьи справедливо отмечается, что метод разгрузки – наиболее надежный способ измерения напряженности массива, при котором тензодатчик обуривается кольцевым пазом, т.е. выбуривается керна. Констатируется, что если деформации упругого восстановления значительны, то керна может отделиться от массива. После этого ставится и решается задача о распределении напряжений в керна – цилиндре длиной 10 см и горном массиве, примыкающем к керна. В массиве образован кольцевой паз. Задача – плоская, решается в рамках теории упругости. Из решения следует, что диски могут образовываться на глубинах порядка 7000 м. По соображениям, изложенным при анализе постановки и решения плоской аналитической задачи в [19], нельзя считать, что был описан процесс, близкий к реальному.

Приоритет экспериментального изучения механизма разделения кернов горных пород на диски, имеющий место при бурении скважин, принадлежит Л.Оберту

и Д.Е.Стефенсону. Принципиально важно то, что в лабораторных условиях была доказана реальность разрушения кернов на диски при бурении скважин в различных породах (пяти разновидностей) только при достижении определенного уровня напряженности. Исследовав поверхности разрушения, они пришли к выводу, что при разделении кернов на диски происходит отрыв. Однако при окончательной оценке характера разрушения Л.Оберт и Д.Е.Стефенсон отдали предпочтение формальному (традиционному) подходу и посчитали, что имеет место разрушение от среза. Для всех пород до выбуривания кернов были определены временные сопротивления сжатию, растяжению, срезу и изгибу. Интересные результаты были получены при исследовании мела. По временному сопротивлению мел примерно в пять – шесть раз менее прочен, чем гранит или мрамор. Напряженное состояние его при бурении керновых скважин было таким же, как гранита или мрамора, но разделение кернов мела на диски (которое обязано было произойти, если разрушение определяется напряжением среза) не произошло.

На основании результатов экспериментов Л.Оберт и Д.Е.Стефенсон пришли к выводу, что разделение кернов на диски происходит лишь в том случае, если величина компоненты поля напряжений в направлении бурения значительно меньше величины компонент в двух других направлениях. На этом основании утверждается, что образование дисков при бурении вертикальных скважин доказывает наличие значительных по величине тектонических напряжений. Но ни вывод, ни следствие из него не подтверждают результаты, полученные в лабораторных условиях [24] и при бурении многочисленных керновых скважин в шахтных условиях Донбасса [7].

Различные эксперименты по изучению поведения различных горных пород в условиях трехосного сжатия и исследование процесса разделения кернов на пластины хорошо коррелируются со столь известным в горной практике явлением как отжим угольного пласта.

Это явление проявляется с различной интенсивностью, и различным характером в большинстве очистных забоях. Проявление отжима краевой части угольного пласта после обнажения имеют также широкий диапазон: от «выстреливания» мелких фракций и послойного плавного сползания по груди забоя, до не обрушающегося, но полностью разрушенного состояния.

На процесс отжима влияют множество факторов, основными из которых являются: свойства пласта угля – сложение пласта и его прочностные характеристики; кривая угля; мощность и угол падения пласта; боковые породы – непосредственная и основная кровля, почва пласта; спаянность пласта угля с боковыми породами; трещиноватость пород кровли; условия и глубина залегания пласта; сближенные пласты; водоносность вмещающих пород; площадь обнажения; взаимное расположение очистных забоев; способ управления кровлей; ширина рабочего пространства лавы и д.р. [25].

Концепцию разрушения части горного массива при разгрузке подтверждает и ряд экспериментов по установлению влияния геологических факторов на разделение кернов на диски [24], где в числе прочих факторов изучалось время, необходимое для достижения определенного объема пластического деформирования.

Факт разрушения пород при разгрузке, конечно, интересен с позиции науки, но особый интерес вызывает не только характеристика разрушения, которая в естественных условиях отражает своеобразие формирования горного массива, сколько стремление позитивно использовать это явление в процессе отработки угольных пластов на больших глубинах.

Выявленные особенности разрушения угольных пластов ниже зоны газового выветривания должны послужить основой для разработки принципиально новых

подходов к решению проблем безопасной отработки угольных месторождений, и в первую, очередь таких как:

- научное обоснование изменения выбросоопасности призабойной части пластов на больших глубинах в очистных и подготовительных забоях;
- разработка новых технологий проведения и поддержания горных выработок, обеспечивающих их устойчивость за счет деформаций генетического возврата;
- выявление, оценка и целенаправленное использование потенциальной энергии деформаций генетического возврата.

Библиографический список

1. Степанович Г.Я., Николин В.И., Недосекин Б.Н. К вопросу о выбросоопасности угольных пластов на больших глубинах. // Безопасность труда в промышленности. – 1970. - №6. – С. 27 – 28.
2. Степанович Г.Я., Николин В.И., Лысиков Б.А. Газодинамические явления при подготовке глубоких горизонтов. – Донецк: Донбасс, 1970. – 112 с.
3. Карагодин Л.Н., Николин В.И. Безопасная и производительная разработка выбросоопасных пласто // Уголь. – 1985. - №3. – С. 29 – 30.
4. Николин В.В. Закономерности изменения выбросоопасности призабойной части пласта при увеличении глубины разработки (в условиях Донбасса) // Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд.техн.наук. – 1986. – 16 с.
5. Дашко Р.Э. Механика горных пород. – М.: Недра, 1978. – 264 с.
6. Баклашов И.В. Деформирование и разрушение породных массивов. – М.: Недра, 1988. – 271 с.
7. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность / Забигаило В.Е., Николин В.И.; Отв.ред. Широков А.З.; АН УССР. Ин-т геологии и геохимии горючих ископаемых. – Киев: Наук. думка, 1990. – 168 с.
8. Николин В.И., Подкопаев С.В., Савченко П.И. Экспериментальное изучение зависимости деформаций генетического возврата от сохранения влажности образцов // Проблемы экологии. – 2002. – №1. – С. 80 – 85.
9. Водонепроницаемость углепородных массивов, склонных к деформациям генетического возврата / Николин В.И., Подкопаев С.В., Носач А.К. и др. // Изв. Донецкого горного института. – 2002. - №3. – С.30 – 36.
10. Николин В.И., Подкопаев С.В., Колесников В.Г. О новой теории горного давления // Безопасность труда в промышленности. – 2002. - №11. – С.36 – 38.
11. Закономерности развития деформаций генетического возврата – научная основа снижения травматизма / Под общ. ред. Николина В.И. – Донецк, - РИА ДонГТУ, - 2001. – 318 с.
12. Николин В.И., Подкопаев С.В., Кондаков О.В., Мордасов В.И. Практическое значение экспериментального изучения обратной ползучести горных пород // Уголь Украины. – 2000. - №5. – С.17 – 19.
13. Ползучесть осадочных горных пород / Ж.С.Ержанов, А.С.Сажнов, Г.Н. Гуменюк и др. – Алма – Ата: Наука, 1970. – 208 с.
14. Николин В.И., Подкопаев С.В., Агафонов А.В., Малеев Н.В. Снижение травматизма от проявлений горного давления. – Донецк: Норд – Пресс. – 2005. – 331 с.
15. Бриджмен П.В. Исследования больших пластических деформаций и разрыва. – М.: Изд-во иностр. лит. 1955. – 440 с.
16. Бузер Г.Д., Хиллер К.Х., Серденгекти С. Влияние поровой жидкости на деформационное поведение горных пород при трехосном сжатии // Механика горных пород. – М., 1996. – С. 372 – 406.

17. Забигайло В.Е., Белый И.С. Геологические факторы разрушения керна при бурении напряженных горных пород Донбасса. – Киев: Наук. думка, 1981. – 179 с.
18. Зорин А.Н., Забигайло В.Е., Моссур Е.А. Прогноз выбросоопасности песчаников по делению кернов на диски // Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело. – 1971. - №7(49). – С. 17 – 18.
19. Кусов Н.Ф., Кудряшов В.А. Исследование разделения кернов на диски по действием горного давления в выбросоопасных породах // Проблемы горного дела. – М., 1974. – С. 78 – 82.
20. Николин В.И. Разработка выбросоопасных пластов на больших глубинах. – Донецк: Донбасс, 1976. – 183 с.
21. Николин В.И., Балинченко И.И., Симонов А.А. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах. – М.: Недра, 1981. – 300 с.
22. Степанович Г.Я., Николин В.И., Лысиков Б.А. Газодинамические явления при подготовке глубоких горизонтов. – Донецк: Донбасс, 1970. – 110 с.
23. Гробчак Л.Г., Марков А.Е. О напряженном состоянии керна глубоких скважин // Изв. вузов. Сер. Геология и разведка. – 1978. - №4. – С.125 – 129.
24. Забигайло В.Е., Белый И.С. Геомеханические факторы разрушения керна при бурении напряженных горных пород Донбасса. – Киев: Наук. думка, 1981. – 179 с.
25. Кравченко В.И. Отжим угля при разработке пологопадающих пластов Донбасса, 1952. – 150 с.