© А.В. Чернышов, 2014

УДК 622.281

А.В. Чернышов

МЕХАНИЗМ ПОВЕДЕНИЯ ПОРОД КРОВЛИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ОХРАННЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Рассмотрен механизм поведения пород кровли угольного пласта при взаимодействии с охранными сооружениями. Для определения границ зон опорного давления проведенаразделение зон в зависимости от источников их возникновения. Приведены основные причины возникновения опорного давления впереди очистного забоя – формирование, зависание и обрушение консолей пород, создающих динамическую составляющую опорного давления и зависания остаточных консолей пород, влияющих в течение всего периода действия опорного давления впереди лавы. По результатам анализа, выделены пять зон опорного давления: вне области влияния опорного давления, область опорного давления при первичном влиянии очистных работ, область установившегося опорного давления, область опорного давления при вторичном влиянии очистных работ, область установившегося опорного давления.

Ключевые слова: выемочная выработка, зоны опорного давления, динамическая составляющая, породы кровли, смещение породных обнажений.

Выемочная выработка [1÷6], в предельном случае, при столбовой системе разработки, кроме случаев надработки и подработки испытывает опорное давление в следующих зонах (рисунок): 1 – влияния проходческого забоя; 2 – поддержания выработки вне зоны непосредственного влияния очистных работ в лаве; 3 – влияния остаточных консолей пород впереди первой лавы (зона формирования опорного давления первой лавы); 4 – динамических проявлений опорного давления впереди первой лавы; 5 – динамических проявлений опорного давления (активных смещений пород) позади первой лавы; 6 – затухания динамических проявлений опорного давления (остаточного опорного давления) позади первой лавы; 7 – статического, стабилизировавшегося (установившегося) состояния опорного давления позади первой лавы; 8 – влияния остаточных консолей пород впереди второй лавы (зона формирования опорного давления второй лавы); 9 – динамических проявлений опорного давления впереди второйлавы; 10 – динамических прояв-

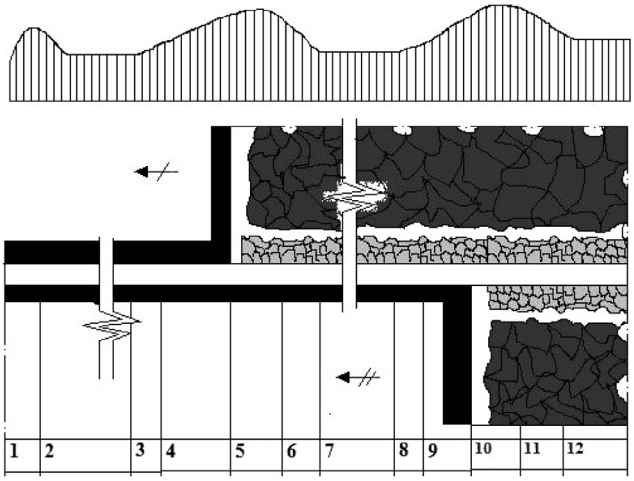

Схема расположения зон опорного давления

лений опорного давления (активных смещений пород) позади второй лавы; 11 – затухания динамических проявлений опорного давления (остаточного опорного давления) позади второй лавы; 12 – статического, стабилизировавшегося состояния опорного давления позади второй лавы.

Наиболее важным и интересным вопросом является определение границ зон опорного давления.Для этого необходимо иметь физический критерий и очень четкое разделение зон в зависимости от источников их возникновения.

Состояние выработок [1, 6] вне зоны активного влияния очистных работ (зоны 1 и 2), в зависимости от характера смещений породных обнажений, интенсивности и времени действия, процесс смещений породных обнажений могут быть разделены на два периода: 1 – неустановившееся (первичное) горное давление; 2 – установившееся (вторичное) горное давление.

Первичное горное давление характеризуется неравномерностью смещений по периметру выработки,высокой интенсивностью и относительно малым временем действия (до 1 года). За этот период отмечается до 60–80% смещений. Причем в прочных породах период интенсивных и относительно неравномерных смещений больше, а интенсивность смещения и абсолютная величина их ниже, чем в слабых породах (20÷25 и 50÷70% соответственно). Вэтих условиях наиболее часто начальные смещения наблюдаются в боках выработки независимо от формы поперечного сечения выработки испособа ее сооружения.

Вторичное горное давление характеризуется относительно малой интенсивностью смещений и нагрузок, примерно одинаковой по периметру. Смещения в этот период со временем стабилизируются, в случае же вязкопластических пород могут монотонно возрастать.

С точки зрения поддержания выработок наиболее опасно первичное давление,поэтомув этот период необходимо применять мероприятия для последующего эксплуатационного сохранения выработок.

Ведение очистных работ вызывает увеличение пролета непосредственной, основной кровель и покрывающей толщи пород. Это вызывает перераспределение веса пород над выработанным пространством на нетронутые части пласта, что, в свою очередь, ведет к перераспределению напряжений в горном массиве, к проявлению опорного давления – направленных по нормали к пласту и повышенные, по сравнению с гидростатическим напряжением, сжимающих напряжений [2, 3, 7].

Основными причинами формирования и проявлений опорного давления в очистных и выемочных выработках являются [1, 2, 6, 8÷18]:

1. Формированиеиобрушениезависающих консолей пород кровли в выработанном пространстве, создающих динамическую составляющую опорного давления;

2. Суммарное воздействие изгибающих моментов слоев пород, залегающих от пласта до поверхности.

При изучении опорного давления наиболее важным и сложным является вопрос о том, какая часть веса подработанной толщи передается на зону опорного давления.Очевидно, что с удалением вверх от очистной выработки все меньшая часть подработанной толщи пород передается на зону опорного давления. При достижении определенных глубин очистных работ, можно считать, что вес верхних слоев пород равномерно распределяется на зону опорного давления и на опору в выработанном пространстве [3].

Максимум опорного давления [19] определяется для критических обна-

жений зависающих пород; минимальное значение рассматривается при изгибающем моменте равном нулю. В зонах 4, 5, 9 и 10 изменяется интенсивность, характер распределения ширина динамических проявлений опорного давления. Опорное давление в передней зоне отличается от такового в боковых зонах и обусловлено динамикой зависания пород вблизи очистного забоя. На достаточно большом удалении от него в боковых зонах этой динамики не существует.

Динамический характер проявлений опорного давления определяет его волнообразное изменение. В краевых зонах опорное давление передается на породы подстилающей толщи, образуя области повышенныхнапряжений. Рассеивание и затухание напряжений происходит на значительных удалениях от разрабатываемого пласта.

Волнообразное изменение характера проявлений опорного давления было выявлено на основании результатов наблюдений в шахтах Рура [17]. Определено два вида волн: подвижных, перемещающихся впереди очистного забоя, и неподвижных, «стоячих», характеризующихся максимальными напряжениями и, вследствие этого, утонениями пласта. Дальнейшие исследования показали, что угольный пласт изменяет свою мощность то сжимаясь, торасширяясь,причемс удалением от забоя колебания уменьшаются до полного затухания. Это явление наблюдается впереди лавы под действием слоя пород непосредственной кровли, закрепленного наподобие консольной балки. Длина волны при залегании в кровле крепких песчаников составляет 30м и более [18, 20], что подтверждается другими исследованиями [21]. Волна в этом случае более полога, чем при залегании в глинистых сланцах.

Периодический характер опорного давления является следствием обрушения пород кровли в выработанном пространстве. На периодический характер проявленийопорного давления в подготовительных выработках впервые было указано в работе [19]. Было отмечено, что увеличение размеров породных консолей вызывает ускорение скорости конвергенции пород и предложено учитывать это обстоятельство при выборе размеров целиков. Наиболее полно периодическийхарактерпроявленийопорного давления исследован в работе [22], где показано, что амплитуда конвергенции пород вдоль штрека, находящегося под влиянием очистных работ, имеет периодический характер и может быть описана уравнением синусоиды. Автор обратил внимание на наличие двойной периодичности смещений, но объяснить физически этот факт не сумел и ограничился его констатацией. Это единственное упоминание о двойной периодичности смещений, обнаруженное нами в литературе и дальнейшего распространения это явление не получило. Аналогичные результаты получены в работе [23], где автор отмечает изменения амплитуды периодических колебаний смещений и связывает их с обрушением различных кровельных слоев.

Периодичность смещенийпород в выемочных выработках, охраняемых позади очистного забоя для повторного использования, с периодичностью обрушениякровлив выработанном пространстве очистного забоя широко исследовались на шахтах Донецкого бассейна [24÷26]. Но выводы автора о равенстве периода синусоиды шагу обрушения и о постоянстве ее амплитуды выглядят недостаточно обоснованными.Кроме того, при анализе механизма образования периодических увеличений смещений не рассмотрена зона непосредственного сопряжения очистной ивыемочнойвыработок, где поведение пород кровли и почвы существенно отличаются от поведения

пород в линейных участках лавы и штрека. В тоже время непосредственно и именно в этой зоне происходит формирование нагрузок на крепь и охранные сооружения. В зонах 5 и 10 реализуется до 90% общих смещений кровли [26], что особенно характерно для пластов с прочными вмещающими породами, где смещения в других зонах обычно минимальны.

Подвигание очистного забоя вызывает увеличение пролета непосредственной,основной и покрывающей толщи пород. При сохранении устойчивости краевой зоны действие опорного давления приводит к сжатию краевой зоны и выдавливанию почвы. Породы покрывающей толщи деформируются и разрушаются пачками, имеющими свои пролеты, а опорное давление является следствием их сложного взаимодействия.

В случае раздавливания краевой зоны интенсивность и характер распределения опорного давления сильно меняются вследствие ползучести разрушения угля. Раздавливание краевой зоны приводит к возрастанию интенсивности и ширины зоны опорного давления, максимум которого при этом перемещается в направлении от забоя. Зона опорного давления впереди забоя колеблется от 10 до 250 м, расстояние от забоя до максимума опорного давления изменяется от 0 до 15 м и более, а ширина боковой зоны – от 15 до 50 м.

Зона опорного давления позади очистного забоя колеблетсяот 40 до 200 м. В этой же зоне наблюдаются максимальные поломки крепи, а при поддержании выемочной выработки бутовыми полосами наблюдаются массовые разрушения крепи [3, 5].

Граница зоны интенсивного опорного давления определятся точкой, в которойскорости смещений пород почвы и кровли начинают существенно отличаться друг от друга, иначе говоря, границей начала действия формирующихся и впоследствии обрушающихся консолей. Это зона динамического опорного давления впереди лавы (зоны 4, 8) в отличие от зоны статического опорного давления (зоны 3, 7), являющегося следствием влияния слоев пород, заделанных впереди лавы и опирающихся на обрушенныепороды позади нее. Т.е., впереди очистного забоя образуется зона опорного давления, обусловленная воздействием вышележащих слоев пород, которые не обрушаются и заделаны в массиве впереди лавы. Позади лавы эти слои пород опираются на обрушенные породы. Влияние этих слоев пород продолжается и позади лавы (зоны 6, 7 и 11, 12), но при стационарном положении заделки.

Внутри этой зоны располагается зона динамического давления (зоны 4, 5 и 9, 10) основное отличие которой заключается в формировании, зависании и обрушении пород кровли, определяющих периодический характер опорного давления.

При залегании в кровле мощных песчаников разлом пород кровли происходит непосредственно у забоя и остаточные консоли не приводят к заметному росту напряжений и соответственно деформаций пород. При залегании в кровле легкобрушающихся пород с шагом обрушения 6м, последние обрушаются и обламываюся позади крепи и остаточные консоли по своим размерам близки к зависающим, что дает небольшую разницу (≈27%) между смещениями в точках максимальных и минимальных смещений.

Таким образом, в зоне динамического опорного давления смещения пород кровли и почвы, в основном являются следствием повышения напряжений в связи с формированием консолей пород.

Увеличение мощностей залегающих в кровле пород (сланцев или песчани-

ков) ведет к увеличению размеров зон динамического опорного давления.

Итак, опорное давление впереди очистного забоя является следствием двух основных причин:

1) формирования, зависания и обрушения консолей пород, создающих динамическую составляющую опорного давления;

2) зависания остаточных консолей пород, влияющих в течение всего периода действия опорного давления впереди лавы.

Зависающие остаточные консоли образуют в выработанном пространстве углы полных сдвижений пород: Ψ_1 и Ψ_2. По мере удаления от пласта размеры консолей растут, однако влияние их уменьшается в связи с подбучиванием обрушенными породами и созданием второй опоры.

В связи с тем, что опорное давление впереди лавы имеет временный характер,вышележащие слои пород, которые лишь прогибаются, на не обрушаются,оказывают небольшое влияние на опорное давление. Позади очистногозабоя породы, зависающие в выработанном пространстве вдоль выемочной выработки, обрушаются. Обрушение пород заканчивается в зоне динамического опорного давления (причем возможны обрушения как впереди лавы, «по-черному», так и позади). Последующие деформации массива являются следствием влияния остаточных породных консолей, а зона их влияния может быть названа зоной остаточного опорного давления. Остаточноеопорное давлениеимеет затухающий характер в связи с релаксацией напряжений в массиве при его формировании. При больших сроках службы выработки, в случае ее повторного использования, например, может возникнуть зона установившегося опорного давления, в которой скоростисмещенийлибо постоянны, либо равны нулю. Причиной остаточного опорного давления являются прогибающиеся вышележащие породы кровли, которые заделаны с одной стороны в массиве пород и оперты на обрушенные породы с другой стороны. В зоне опорного давления при повторном использовании выработки характер опорного давления не меняется при значительном количественном отличии смещений и размеров зон опорного давления.

Исходя из анализа, можно выделить следующие пять зон опорного давления, именуемые в дальнейшем, для удобства, областями опорного давления.

I. Вне области влияния опорного давления, которая, в свою очередь, разделяется на:

- зону влияния проходческого забоя (зона 1);
- зону поддержания выработки в массиве вне непосредственного влияния очистных работ (зона 2).

II. Областьопорного давления при первичном влиянии очистных работ, которая в свою очередь разделяется на:

- зону влияния остаточных консолей пород впереди лавы (зона 3);
- зону динамического опорного давления впереди лавы (зона 4);
- зону динамического опорного давления позади лавы (зона 5);
- зону остаточного опорного давления позади лавы (зона 6).

III. Область установившегося опорного давления (зона 7).

IV. Область опорного давления при вторичном влиянии очистных работ, которая разделяется на:

- зону влияния остаточных консолей пород впереди лавы (зона 8);
- зону динамического опорного давления впереди лавы (зона 9);
- зону динамического опорного давления позади лавы (зона 10);
- зону влияния остаточных консолей пород позади лавы (зона 11).

V. Область установившегося опорного давления (зона 12).

Следует отметить, что динамическая составляющая опорного давления преобладает в зонах 4, 5, 9 и 10; статическая – в зонах 2, 3, 7, 8, 11 и 12. В зоне 1 преобладание какой-либо составляющей зависит от многих факторов: способа проведения выработки и качества горных работ, физико-механических свойств пород и угольного пласта, обводненности, угла падения и мощности, типа применяемой крепи. Зоны 6 и 11 являются, по всей видимости, переходными от преобладания динамических составляющих в зонах 5 и 10 к преобладанию статических составляющих в зонах 7 и 12.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чернышов А.В.* Разработка способа охраны выемочных выработок с целью их повторного использования жесткими охранными сооружениями многоразового использования / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1994.

2. *Петухов И.М., Линьков А.М., Сидоров В.С. и др.* Теория защитных пластов. – М.: Недра, 1976.

3. *Бажин Н.П., Весков М.И., Комиссаров М.А.* Расположение, охрана и поддержание подготовительных выработок в глубоких шахтах / Труды ВНИМИ. Исследование проявлений горного давления на глубоких горизонтах. – Л., 1971. – С. 150–165.

4. *Гелескул М.Н., Усан-Подгорнов Б.М.* Влияние некоторых факторов на величину смещений горных пород и нагрузок на рамнуюжелезобетонную крепь в подготовительных выработках шахт Донбасса, испытывающих влияние очистных забоев // Горное давление и крепление. – 1972. – № 22. – С. 24–31.

5. *Глушко В.Т.* Устойчивость горных выработок. – Киев: Наукова думка, 1973. – 206 с.

6. *Григорьев В.Л.* Охрана и поддержание подготовительных и выемочных выработок, подверженных влиянию очистных работ // Добыча угля подземным способом. – 1981. – № 7. – С. 20–22.

7. *Комиссаров М.А.* Некоторые вопросы поддержания подготовительных выработок в условиях пологих пластов Донбасса // Вопросы охраны и крепления горных выработок. – 1968 – № 41 – С.3–14.

8. *Селезень А.А., Андриенко А.Л., Сучаренко Г.Г. и др.* Расчеты параметров крепи выработок глубоких шахт. – Киев: Техника, 1972. – 123 с.

9. *Слесарев В.Д.* Вопросы управления кровлей. – М.-Л.: ГОНТИ, главн.ред.горнотехн.л-ры, 1935. – 232 с.

10. *Черняк И.Л.* Геомеханические основы повторного использования подготовительных выработок // Уголь. – 1978. – № 5. – С. 3–8.

11. *Фисенко Г.Л.* Предельные состояния горных пород вокруг выработок. – М.: Недра, 1976. – 272 с.

12. *Бочкарев В.Г.* Гипотезы горного давления в очистных выработках / Энциклопедичесикий справочник «Горное дело». – М.: Углетехиздат, 1953. – Т. 5. – С. 326–330.

13. *Ростовцев Д.С.* Управление кровлей при разработке пологопадающих пластов каменного угля. – Харьков, Киев: ГНТИ Украины, 1935. – 382 с.

14. *Райский В.В.* Влияние осадок основной кровли на неравномерность деформирования пород в подготовительных выработках / Сб. трудов ВНИМИ по вопросам исследования горного давления и сдвижения горных пород. – 1961. – Вып. 42. – С. 128–139.

15. *Chambon G.* Periodicite de convergences Le Land de voils influencees par la taille qu elles desservent // Revues de l'industrie mineral. – 1966. – V. 48. – № 12. – P. 961–972.

16. *Шмыков И.П.* Некоторые закономерности явлений вспучивания пород в подготовительных выработках шахт Донбасса / Научные проблемы вскрытия и разработки месторождений полезных ископаемых. – М.: АН СССР, 1959.

17. *Черкасов В.Ф.* Влияние основной кровли угольного пласта на смещения пород кровли и почвы подготовительной выработки / Научные основы создания новых комплексов и агрегатов подземной угледобычи без проведения горных выработок и постоянного присутствия людей на рабочих местах и в шахтах. – М.: МГИ, 1979. – С. 45–48.

18. *Черкасов В.Ф.* Влияние основной кровли на смещения пород в подготовительных выработках шахты им. А.Г. Стаханова / Научные основы создания высокопроизводительных комплексно-механизированных и автоматизированных шахт. – М.: МГИ, 1981. – С. 32–35.

19. *Борисов А.А.* Механика горных пород и массивов. – М.: Недра, 1980.

20. *Новиков А.И.* Исследование способов разработки угольных месторождений на больших глубинах в Донецком бассейне. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Донецк. – 1965, Днепрогипрошахт. – 99 с., ил., 6 прил:

21. *Диманштейн А.С.* Измерение давления на крепь подготовительных выработок / Горное давление и крепление. Науч.сообщ.; вып. 25. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1965. – С. 81–89

22. *Вопросы* теории горного давления. Сб. переводов / Под ред. П.И. Городецкого, А.А. Борисова. – М., Госгортехиздат, 1961.

23. *Журило А.А.* Горное давление в очистных забоях с труднообрушающимися кровлями. – М.: Недра, 1980. – 124 с.

24. *Инструкция* по креплению и поддержанию сопряжений лав со штреками для условий Кузнецкого бассейна. – Прокопьевск: ТУ КузНИУИ МУП СССР, 1972. – 74 с., табл., 24 рис.

25. *Широков А.П., Лидер В.В., Петров А.П.* Крепление сопряжений лав. – М.: Недра, 1987. – 192 с., ил.

26. *Бурчаков А.С., Гринько Н.К., Черняк И.Л.* Процессы подземных горных работ. Изд. 2. – М.: Недра, 1976. – 408 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Чернышов Андрей Васильевич – кандидат технических наук,
доцент, докторант,
МГИ НИТУ «МИСиС», *e*-mail: ud@msmu.ru.

UDC 622.281

ROOF ROCK BEHAVIOR IN INTERACTION WITH PROTECTIVE STRUCTURES

Chernyshov A.V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Doctoral Candidate,
Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
e-mail: ud@msmu.ru.

Under analysis is the coal roof rock behavior in interaction with protective structures. Aimed at delineation of abutment pressure zones, the zones are classified in terms of their sources. The author lists major causes of the front abutment pressure—origination, arching and sloughing of overhangs, that are the dynamic component of the abutment pressure, and arching of residual overhangs, that exercise influence for the entire period of the front abutment pressure action. By the analysis data, there are five zones of the abutment pressure: the zone outside the abutment pressure influence, the abutment pressure zone under the initial action of stoping, the steady-state abutment pressure zone, the abutment pressure zone under the postprimary action of stoping, the steady-state abutment pressure zone.

Key words: stope, abutment pressure zone, dynamic component, roof rocks, displacement of exposed rocks.

REFERENCES

1. Chernyshov A.V. *Razrabotka sposoba okhrany vyemochnykh vyrabotok s tsel'yu ikh povtornogo ispol'zovaniya zhestkimi okhrannymi sooruzheniyami mnogorazovogo ispol'zovaniya* (Development of stope protection methods using nonexpendable rigid structures for the stope reuse), Candidate's thesis, Moscow, IGD im. A.A. Skochinskogo, 1994.

2. Petukhov I.M., Lin'kov A.M., Sidorov V.S. *Teoriya zashchitnykh plastov* (Theory of protective beds), Moscow, Nedra, 1976.

3. Bazhin N.P., Veskov M.I., Komissarov M.A. *Trudy VNIMI. Issledovanie proyavlenii gornogo davleniya na glubokikh gorizontakh* (VNIMI Transactions. Analysis of events due to rock pressure at deep horizons), Leningrad, 1971, pp. 150–165.

4. Geleskul M.N., Usan-Podgornov B.M. *Gornoe davlenie i kreplenie* (Rock pressure and support), 1972, no 22, pp. 24–31.

5. Glushko V.T. *Ustoichivost' gornykh vyrabotok* (Stability of mine roadways), Kiev: Naukova dumka, 1973, 206 p.

6. Grigor'ev V.L. *Dobycha uglya podzemnym sposobom* (Underground coal mining), 1981, no 7, pp. 20–22.

7. Komissarov M.A. *Voprosy okhrany i krepleniya gornykh vyrabotok* (Issues of protection and support of underground openings), 1968, no 41, pp. 3–14.

8. Selezen' A.A., Andrienko A.L., Sucharenko G.G. *Raschety parametrov krepi vyrabotok glubokikh shakht* (Calculation of support parameters for deep mine roadways), Kiev, Tekhnika, 1972, 123 p.

9. Slesarev V.D. *Voprosy upravleniya krovlei* (Issues of roof control), Moscow-Leningrad, GONTI, 1935, 232 p.

10. Chernyak I.L. *Ugol'*, 1978, no 5, pp. 3–8.

11. Fisenko G.L. *Predel'nye sostoyaniya gornykh porod vokrug vyrabotok* (Limit state of rocks around mine roadways), Moscow, Nedra, 1976, 272 p.

12. Bochkarev V.G. *Entsiklopedichesikii spravochnik «Gornoe delo»* (Encyclopedic reference guide on mining), Moscow, Ugletekhizdat, 1953, vol. 5, pp. 326–330.

13. Rostovtsev D.S. *Upravlenie krovlei pri razrabotke pologopadayushchikh plastov kamennogo uglya* (Roof control in flat-dipping black coal bed mining), Khar'kov, Kiev: GNTI Ukrainy, 1935, 382 p.

14. Raiskii V.V. *Sbornik trudov VNIMI po voprosam issledovaniya gornogo davleniya i sdvizheniya gornykh porod* (VNIMI transactions on research rock pressure and rock movement), 1961, issue 42, pp. 128–139.

15. Chambon G. Periodicite de convergences Le Land de voils influencees par la taille qu elles desservent. *Revues de l'industrie mineral*, 1966, vol. 48, no 12, pp. 961–972.

16. Shmykov I.P. *Nauchnye problemy vskrytiya i razrabotki mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh* (Scientific problems of opening-up and development of mineral deposits), Moscow, AN SSSR, 1959.

17. Cherkasov V.F. *Nauchnye osnovy sozdaniya novykh kompleksov i agregatov podzemnoi ugledobychi bez provedeniya gornykh vyrabotok i postoyannogo prisutstviya lyudei na rabochikh mestakh i v shakhtakh* (Scientific basis of creation of new machine systems and units for underground coal mining without drivage and continuous presence of personnel in duty stations and in mines), Moscow, MGI, 1979, pp. 45–48.

18. Cherkasov V.F. *Nauchnye osnovy sozdaniya vysokoproizvoditel'nykh kompleksno-mekhanizirovannykh i avtomatizirovannykh shakht* (Scientific basis of creation of high-performance fully mechanized and automated mines), Moscow, MGI, 1981, pp. 32–35.

19. Borisov A.A. *Mekhanika gornykh porod i massivov* (Mechanics of rocks and rock masses), Moscow, Nedra, 1980.

20. Novikov A.I. *Issledovanie sposobov razrabotki ugol'nykh mestorozhdenii na bol'shikh glubinakh v Donetskom basseineivov* (Analyses of deep-level coal mining method in the Donetsk Basin), Candidate's thesis, Donetsk, 1965, Dneprogiproshakht, 99 p.

21. Dimanshtein A.S. *Gornoe davlenie i kreplenie. Nauch. soobshch.*, vyp. 25 (Rock pressure and support. Scientific report; issue 25), Moscow, IGD im. A.A. Skochinskogo, 1965, pp. 81–89

22. *Voprosy teorii gornogo davleniya. Sb. perevodov, pod red. P.I. Gorodetskogo, A.A. Borisova* (Rock pressure theory. Collected book of translated papers, Gorodetskii P.I., Borisov A.A. (Eds.)), Moscow, Gosgortekhizdat, 1961.

23. Zhurilo A.A. *Gornoe davlenie v ochistnykh zaboyakh s trudnoobrushayushchimisya krovlyami* (Rock pressure in production faces with hard-to-cave roofs), Moscow, Nedra, 1980, 124 p.

24. *Instruktsiya po krepleniyu i podderzhaniyu sopryazhenii lav so shtrekami dlya uslovii Kuznetskogo basseina* (Instruction of junction support and maintenance for longwalls and drifts in the conditions of the Kuznetsk Basin), Prokop'evsk, TU KuzNIUI MUP SSSR, 1972, 74 p.

25. Shirokov A.P., Lider V.V., Petrov A.P. *Kreplenie sopryazhenii lav* (Junction support in longwalls), Moscow, Nedra, 1987, 192 p..

26. Burchakov A.S., Grin'ko N.K., Chernyak I.L. *Protsessy podzemnykh gornykh rabot* (Underground mining processes, 2nd edition), Moscow, Nedra, 1976, 408 p.