

УДК 622.831

ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА КАК ФУНКЦИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Назимко В.В. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина),
Брюханов П.А. (ЗАО Донецксталь)

Доведено прямий зв'язок між негативними проявами гірського тиску та підвищенням небезпеки вибуху газоповітряної суміші в межах виїмкової ділянки.

Ключові слова: вугільний пласт, гірський тиск.

It has been proven that intensive ground pressure may cause methane explosion in vicinity active longwall panel.

Key words: coal bed, rock pressure.

Увеличение глубины разработки угольных месторождений приводит к неуклонному росту горного давления и интенсивности его проявлений. Так украинские угольные шахты отрабатывают месторождения на средней глубине, которая превысила 700м и приближается к границе 800м. При этом рыночные условия экономики диктуют необходимость неуклонного увеличения производительности труда и снижения себестоимости добываемого угля. В таких условиях приходится постоянно увеличивать темпы добычи и скорость подвигания очистных забоев, что в условиях высокой газоносности украинских угольных месторождений порождает высокий уровень опасности очистных работ из-за повышения вероятности взрыва метано-воздушной смеси в пределах выемочного участка [1,2].

Для снижения такой опасности применяют комплексную технологию, способствующую выведению взрывоопасного газа или его разбавления до безопасной концентрации. Основными составляющими указанной комплексной технологии являются: проветривание выемочного участка, при котором отдается

предпочтение прежде всего его прямоточным схемам, дегазации угольного пласта, а также его спутников и газоносных песчаников через подземные и наземные скважины, газоотсос из выработанного пространства. Гораздо реже применяют также обработку угольного пласта поверхностно-активными веществами, гидродинамическое воздействие на пласт [3] и другие технологии.

Одной из важнейших компонент технологии улавливания метана является его каптирование через дегазационные скважины. В настоящее время основное количество газа каптируется через подземные скважины, которые бурят с выемочных выработок, примыкающих, как правило, к действующей лаве [4]. Последнее время набирает популярность дегазация выработанных пространств через скважины, буримые с земной поверхности, однако пока почти весь взрывоопасный газ извлекается через подземные дегазационные скважины. При этом доля метана, улавливаемого в пределах выемочного участка от общего его количества достигает 40-60% а иногда и более в зависимости от горно-геологических условий отработки угольного пласта. Это свидетельствует о важности технологии дегазации выемочного участка подземными скважинами с точки зрения повышения безопасности интенсивной отработки угольных пластов.

Вместе с тем эффективность дегазации вмещающего массива и выработанного пространства действующей лавы часто оказывается низкой. Основная причина снижения потенциала дегазации подземными скважинами состоит в разрушении каналов дегазационных скважин в результате интенсивного проявления горного давления. Разрушение канала дегазационной скважины изучалось в помощью составных щупов и специальных внутремеров. На рис. 1 показана конструкция внутремера, который позволяет снять полный рельеф дегазационной скважины как вдоль ее оси так и по ее окружности.

Внутремер изготовлен из нержавеющей стали и снабжен дюралевыми легкими досыльниками, которые дают возможность



Рис. 1. Внешний вид внутремера

осуществлять снятие профиля внутри шпура или скважины на глубине до 50м. Весьма важно при этом, что устройство измеряет профиль скважины при ее искривлении или частичном перерезывании в результате смещения соседних породных слоев друг относительно друга (рис. 2). Это имеет большое значение при мониторинге целостности и работоспособности дегазационных скважин, которые испытывают интенсивные деформации вместе с массивом горных пород, в котором они пробурены. Именно позади действующей лавы происходит выделение максимального количества газа в результате расслоения и разрушения подработанной толщи газоносных пород. Представление о возможной степени деформации дегазационных скважин можно получить при анализе рассечек в выемочных подготовительных выработках, с которых эти скважины пробурены.

Рассечки исследовались на участках перекрепления 13 подготовительных выработок в угольных шахтах Донбасса. При этом обследовались подготовительные выработки шахт им. Калинина, им. газеты “Социалистический Донбасс”, “Трудовская”, им. Челюскинцев, им. Абакумова, “Лидиевка” ПО “Донецкуголь”. В объединении “Макеевуголь” обследовались выемочные выработки на шахтах им. Поченкова, им. Бажанова,

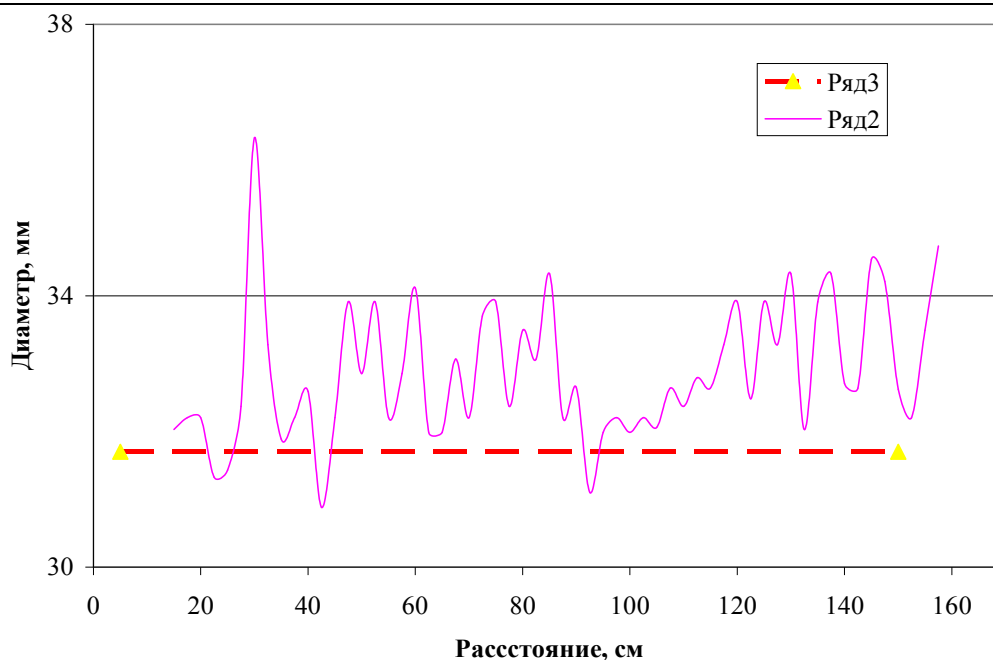


Рис. 2. Типичные профили шпуров, пробуренных в породах непосредственной кровли пласта

“Красногвардейская”, им. Ленина и “Северная”. Процесс разрушения вмещающих пород изучался также на шахтах “Западно-Донбасская” ГХК “Павлоградуголь”, им. Стаханова ПО “Красноармейскуголь”, “Донецкая” ПО “Торезантрацит”. Типичные образования породных складок вблизи контура подготовительных выработок наблюдались или изучались по опубликованным данным на шахтах Пенсильвании в США и в Германии [5].

Характерный вид разрушения пород кровли выработки приведен на рис. 3, на котором зафиксировано состояние расщелины в штреке на горизонте 893 м шахты им. Стаханова ПО “Красноармейскуголь”. Выработка сечением в свету $13,8 \text{ м}^2$ пройдена буровзрывным способом в 10-15 м от почвы пласта l_3 в предварительно разгруженной толще после отработки северной коренной лавы. Штрек был закреплен металлической арочной податливой трехзвенной крепью через 0,8 м. Прочность переслаивающихся песчано-глинистых пород составляла 30-60 МПа. Выработка испытала воздействие 1-й, 2-й, 5-й и 6-й смежных северных лав, которые отрабатывались без оставления целиков рядом с выработанным пространством северной

коренной лавы. Под влиянием этого воздействия произошло выдавливание пород кровли и пучение почвы. В результате вертикальный габарит сечения штрека уменьшился с 2,9-3,4 м до 1,9-2,1 м, а в кровле сформировалась ярко выраженная породная складка (см. рис. 3).

Складка расположена над центром сечения выработки и отчетливо прослеживается по изогнутому слою черного углистого сланца. На рисунке видно висячее крыло складки. Сама складка заворачивается вниз и в сторону восстания. При этом складку можно охарактеризовать, как опрокинутую. Это означает, что проекции ее крыльев на плоскость, параллельную исходному недеформированному слою, накладываются. В данном случае лежачее крыло складки спрятано за сегментами арочной крепи.



Рис. 3. Вид складки в кровле полевого штрека гор. 893 м шахты им. Стаханова ПО «Красноармейскуголь»

Если устье дегазационной скважины расположить в пределах зоны разрушения, канал скважины полностью исчезнет. Наблюдения показали, что обсадные трубы не спасают канал скважины и сминаются, не имея достаточной прочности.

В слабых пластичных вмещающих породах породы кровли разрушаются практически симметрично относительно вертикальной оси сечения выработки, что хорошо видно на примере для условий Западного Донбасса. На рис. 4 приведено состояние рассечки штрека на шахте «Западнодонецкая» ГХК «Павлоградуголь» [6]. Выработка поддерживалась на глубине 500 м в целике, оконтуренном по восстанию и падению лавами по двум сближенным пластам c_8^B и c_8^H . Автор публикации приводит данный снимок, и озаглавливает его как «характерный вид разрушения пород вокруг выработки».

Породы кровли разрушаясь, образуют породную складку, которая вдавливается в полость штрека. Решающая роль складки в деформировании сечения данной выработки очевидна. Именно действие породной складки приводит к интенсивному деформированию сечения штрека, в результате чего оно сплющивается в вертикальном направлении, а замки арочной податливой крепи расходятся, что отчетливо заметно на снимке. При вскрытии устьев дегазационных скважин на таких участках выемочных выработок обнаружено полное разрушение канала скважин, в результате чего они прекращают выполнять дегазационные функции.

Для изучения процесса разрушения пород кровли подготовительных выработок и дегазационных скважин, которые в них пробурены использовались глубинные реперы, которые дают возможность проследить динамику необратимых сдвижений пород вокруг подготовительной выработки и детально исследовать процесс разрушения устья дегазационной скважины. Такая комплексная наблюдательная станция использовалась для исследования процесса развития зоны разрушения вокруг штрека на глубине 820 м при воздействии на выработку очистных работ в условиях шахты им. М.И. Калинина ПО «Донецкуголь» [7]. Длина смежной лавы равнялась 220 м,



Рис. 4. Состояние расщетки полевого штрека на шахте «Западнодонецкая» ГХК «Павлоградуголь» [6]

скорость ее подвигания 50 м/мес. Мощность пласта h_{10} в районе экспериментальной станции составляла 1,4 м. Пласт залегал в породах песчано-глинистого состава средней устойчивости. Выработка закреплена арочной податливой крепью, установленной через 0,8 м. Затяжка деревянная. Выработка в начале эксперимента находилась в весьма удовлетворительном состоянии.

В комплекс наблюдений входили измерения структурных характеристик (трещиноватости в частности) массива на обнажении боков и кровли выработки. Перед установкой глубинных реперов был проведен электрокаротаж скважин, позволивший определить исходное положение зоны первичных разрушений вокруг выработки, эксплуатировавшейся в течение 6 лет после проходки. В результате установлено, что в кровлю граница зоны разрушений распространилась на 2,4 м или 0,93

ширины выработки, в почву – на 1,25 ширины штрека, в бока – на 0,6 его высоты.

Из керна, полученного из скважин, были изготовлены образцы, которые были испытаны в объемном напряженном состоянии на деформационные и прочностные свойства. Такое комплексное изучение исходных горно-геологических условий дало возможность правильно проанализировать и оценить результаты измерений сдвижений глубинных реперов.

В скважинах было установлено 25 глубинных реперов и четыре датчика давления согласно схеме, приведенной на рис. 5. Во время проведения эксперимента измерялись относительные сдвигения глубинных реперов, конвергенция пород на контуре выработки и осуществлялась нивелировка кондукторов в субвертикальных скважинах. Кроме этого осуществлялась наблюдения за деформациями канала специальной скважины которая была пробурена параллельно измерительной скважине, оснащенной глубинными реперами на расстоянии от нее 1.5м. Таким образом, мониторинг сдвижений пород в кровле подготовительной выработки сопровождался синхронными наблюдениями деформации канала «дегазационной» скважины. Инструментальные наблюдения показали, что заметное влияние смежной лавы было зарегистрировано после прохода наблюдательной станции. Влияние смежной лавы выразилось в росте дополнительного давления, которое достигло примерно двукратного уровня геостатических напряжений в нетронутом массиве после удаления лавы на 100 м от створа со станцией. Такой прирост напряжений вызвал интенсивное развитие зоны разрушений вокруг штрека. Разрушение фиксировали по критическим деформациям растяжения, составившим в данном случае 0,006. Главные закономерности развития разрушения заключались в следующем.

Рост зоны разрушений протекал в виде фронта разуплотнения, за которым оставалась зона повторно относительно сжатого ранее разрушенного массива. На рис. 5 этот факт иллюстрируется распределением деформаций, которые приведены в миллиметрах деленных на метр, знаку минус

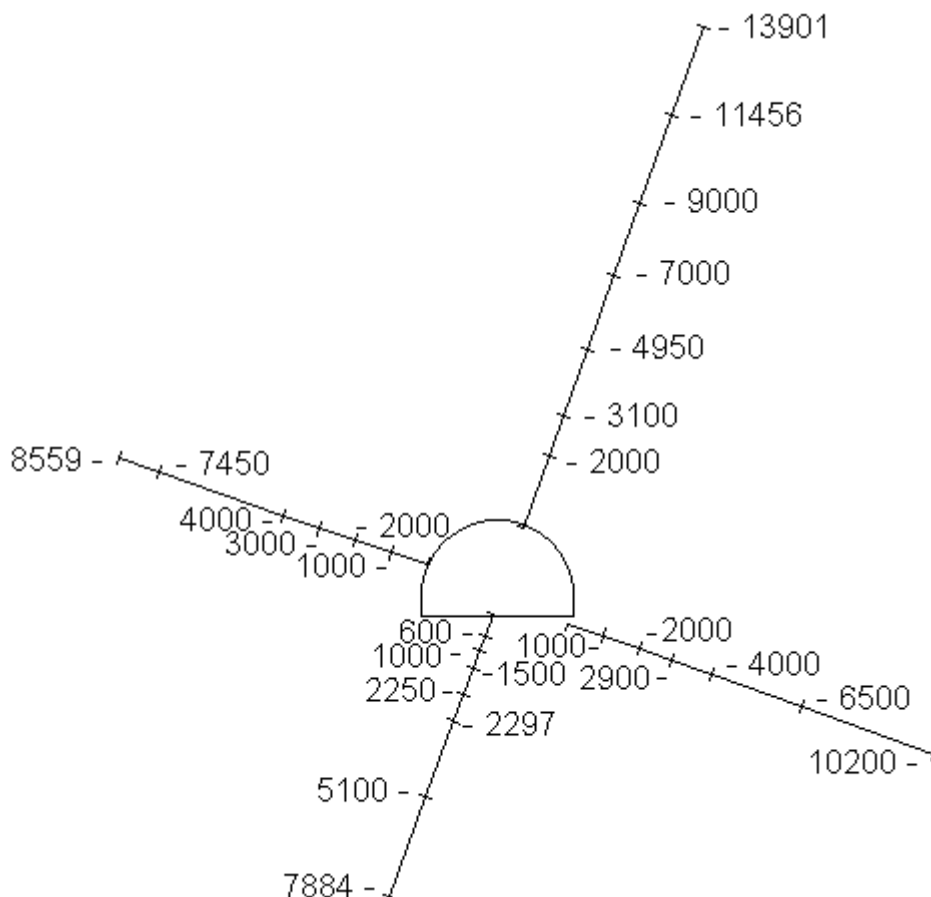


Рис. 5. Схема расположения глубинных реперов в наблюдательных станциях

соответствуют растягивающие деформации. После прохода лавы створа замерной станции зона разрушений переместилась, по сравнению с первоначальным положением, до воздействия смежной лавы в почву на 4,5 м, где растяжение достигло 6,1 мм/м и в сторону падения на 1,3 м, где растягивающая деформация составила 8 мм/м, что больше допустимого уровня 6 мм/м. За фронтом разрушения в почве и кровле образовалась область сжатия на уровне 18,6 мм/м, а в боку выработки со стороны падения 7 мм/м. Особо подчеркнем, что относительное сжатие испытали ранее разрушенные породы, которые находились в пределах первоначальной зоны разрушений.

Характерно, что в почве фактически возникло три сегмента относительно сжатых разрушенных пород. Максимальное сжатие 18,6 мм/м наблюдается в сегменте на расстоянии 4,5 м, второй

сегмент сжатия 6 мм/м возник на расстоянии 2,5 м и третий сегмент с относительным сжатием 15 мм/м образовался почти у самой подошвы выработки на глубине 0,4 м. Толщина сегментов примерно равна 1 м. Сжатие ранее разрушенных пород является следствием эффекта самозаклинивания разрушенных пород [8-10]. Заметим, что при сжатии пород происходит уменьшение канала дегазационной скважины, на поверхности которого возникают уступы и вмятины в сторону пустоты канала, а периметр канала сокращается, что сопровождается увеличением аэродинамического сопротивления и уменьшением дебита газа из скважины.

При этом газ выходит в свободном состоянии в рабочее пространство действующей выемочной выработки а также накапливается в пустотах вокруг охранных сооружений со стороны выработанного пространства действующей лавы. Результаты газовой съемки свидетельствуют о том, что при таких условиях образуются локальные местные скопления метана с концентрацией до 90% и более, что представляет большую опасность с точки зрения возможности взрыва газо-воздушной смеси позади действующей лавы.

Окончательное положение зон неупругих деформаций после отхода лавы на 182 м приведено на рис. 6. Обратим особое внимание на то, что за фронтом разрушения-разуплотнения образовалась устойчивая зона относительно сжатых ранее разрушенных пород. Эта зона имеет форму эллипса и охватывает сечение выработки снизу и с боков на расстоянии 1,8–2 м от контура. При этом в боках уплотнение пород достигает уровня 3–5 мм/м, а в почве 10–20 мм/м. Это закономерно, так как в почве направление пучения и силы тяжести противоположны, что создает благоприятные условия для самоуплотнения ранее разрушенных пород. Уплотненная зона сформировалась в кровле на расстоянии 3,5–9 м. Именно в зоне самозаклинивания и последующего сжатия пород может быть деформирован канал дегазационной скважины.

При интенсивном сдвигении пород в полость штрека в кровле как уже выше указывалось возникают породные складки в

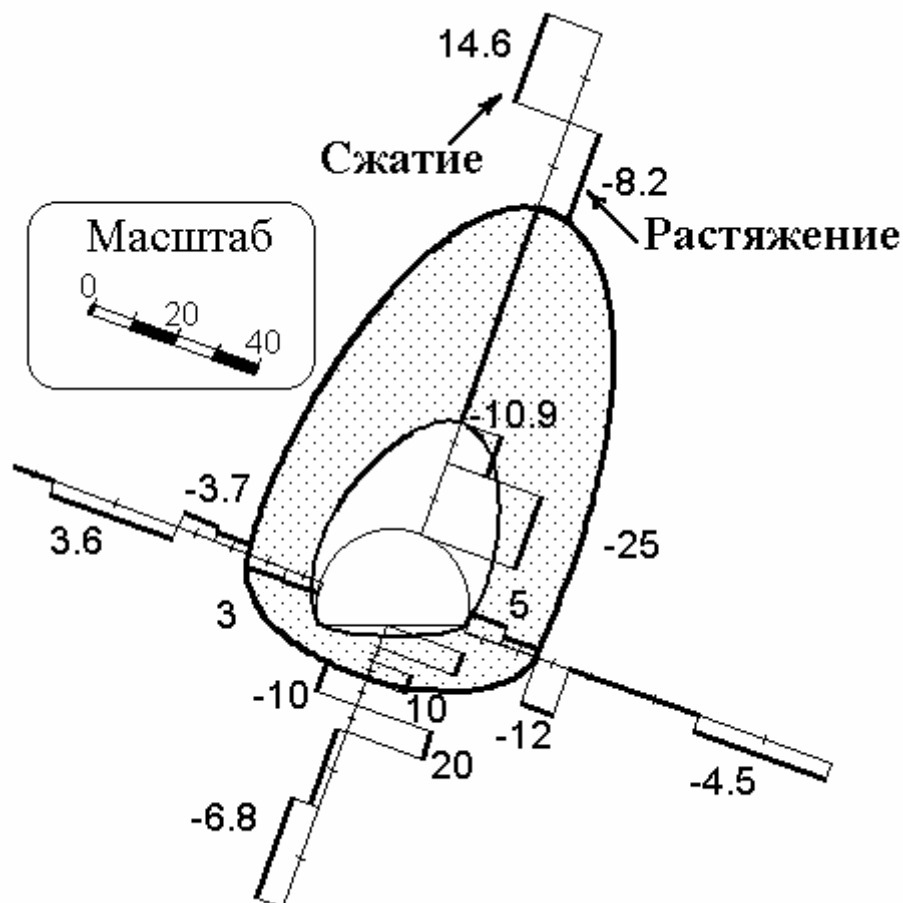


Рис. 6. Распределение деформаций вокруг выработки после отхода лавы на 182 м («+» – сжатие; «-» – растяжение)

результате прогиба слоев в полость выработки. Процесс складкообразования сопровождается сосредоточенными деформациями взаимного скольжения породных слоев друг относительно друга, в результате чего формируются уступы в канале скважины.

ВЫВОДЫ

В зоне активных сдвижений позади действующей лавы происходит интенсивная деформация и разрушение вмещающих выемочную выработку пород, окружающих ствол дегазационной скважины, которая разрушается вместе с вмещающими породами.

Процесс разрушения стенок скважины сопровождается

уменьшением сечения канала скважины, повышением его аэродинамического сопротивления и падением дебита метана из скважины. В результате газ не улавливается системой дегазации и выходит в свободном состоянии в рабочее пространство выемочной выработки, образуя местные скопления в закрепном пространстве и пустотах между охранными сооружениями со стороны выработанного пространства лавы. Указанные локальные скопления метана являются потенциальными источниками взрыва, что повышает опасность очистных работ.

Разрушение канала дегазационной скважины происходит в виде его смятия повышенными нормальными напряжениями сжатия вследствие реализации эффекта самозаклинивания ранее разрушенных пород вокруг подготовительной выработки, а также в виде уступов, которые образуются на стенках скважины в результате относительного проскальзывания соседних породных слоев друг относительно друга в процессе формирования породной складки, которая выдавливается в полость подготовительной выработки, из которой пробурена дегазационная скважина.

Таким образом увеличение устойчивости ствола дегазационной скважины может быть достигнуто за счет повышения устойчивости кровли подготовительной выработки на локальном участке, окружающем устье дегазационной скважины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тополов В.С., Грядущий Б.А., Петренко С.Я. Угольная отрасль Украины: энергоресурсы, ретроспектива, состояние, проблемы и стратегия развития.—Донецк: ООО Алан, 2005.-508с.
2. Брюханов А.М. и др. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах. Часть 2- Донецк: Донбасс, 2004.-650с.

3. Булат А.Ф., Софийский К.К., Силин Д.П. и др. Гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласты. -Днепропетровск: ПП Триада, 2003.-228с.
4. Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схемы дегазации. – КиевЖ Минуглепром Украины, 2004.- 162с.
5. Mogk E., Kulassek M. Bergbehordliche anforderungen fur den einsatz von ankerausbau im bergamtsbezirk moers /- Ankersbau im bergbau roofbolting in mining, Aachen, 1995. - s. 9-17.
6. Халимендик Ю.М. Разработка и обоснование научно-технических решений поддержания горных выработок и увеличения полноты выемки угля в условиях слабометаморфизованных пород: Дисс... докт. Техн. наук: 05.15.02; 05.15.11. – 1997. – 335 с.
7. Назимко В.В. Геомеханические основы устойчивости подготавливающих выработок в зонах разгрузки при воздействии очистных работ: Дисс... докт. техн. наук: 05.15.02.; 05.15.11. – Донецк, 1990. – 337 с.
8. Назимко В.В. Анализ развития зоны разрушения вокруг полевой выработки при влиянии очистных работ // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1989. –№2. – С. 45-48.
9. Назимко В. В. Механизм сдвижений пород в окрестности полевой выработки // Уголь Украины. - 1988 - № 10. - С. 8-9.
10. Копылов А. Ф., Назимко В. В. Механизмы деформирования надрабатываемых выработок // Уголь Украины. - 1994 - № 5. - С. 10-12.

Здано до редакції 06.11.2009

Рекомендував до друку д.т.н. Александров С.М.