

DOI: 10.26730/1999-4125-2018-3-50-55

УДК 622.33.658.345

**ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ КОМБАЙНА НА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕ  
ИЗ ОТБИТОГО УГЛЯ ПРИ ВЫСОКИХ НАГРУЗКАХ НА ОЧИСТНОЙ ЗАБОЙ****INFLUENCE OF THE MODE OF A MINING MACHINE OPERATION  
ON GAS EMISSION FROM BROKEN COAL AT HIGH OUTPUT PER FACE****Шевченко Леонид Андреевич**

доктор техн. наук, профессор,

e-mail: aotp2012@yandex.ru

**Leonid A. Shevchenko**

Doctor of Technical Sciences, Professor

**Зубарева Вера Андреевна**

канд. техн. наук, доцент

e-mail: aotp2012@yandex.ru

**Vera A. Zubareva**

C.Sc., Associate Professor

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия,  
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya str., Kemerovo, 650000, Russian  
Federation

**Аннотация:**

Исследуется взаимосвязь скорости движения комбайна в очистном забое и его положение относительно границ лавы с одной стороны и интенсивности газовыделения из отбитого угля, находящегося на забойном конвейере с другой. Масса угля, отторгаемого от массива, зависит от расстояния комбайна от конвейерного штреха и находится в прямой зависимости от дебита газа в призабойное пространство, что при полностью загруженном конвейере может создать критическую газовую ситуацию, способную привести к аварии в виде взрыва метановоздушной смеси. Основными факторами, определяющими интенсивность газовыделения из отбитого угля, являются газоносность призабойной части угольного пласта, время пребывания угля в пределах очистного забоя и его фракционный состав. Управление данными параметрами может обеспечить определенный эффект в части создания нормальной аэрогазовой ситуации в очистном забое.

**Ключевые слова:** дебит, метана, отбитый уголь, очистной забой, газообильность, технологический цикл.

**Abstract:**

The article studies the relationship between the speed of the mining machine movement in the production face and its position relative to the longwall boundary on the one hand and the intensity of gas emission from the broken coal staying on the face conveyor on the other hand. The mass of coal that is separated from the massif depends on the distance of the mining machine from the conveyor gate and the gas production rate in the near-face space. This situation with a fully loaded conveyor can create a critical gas situation that can lead to an explosion of a methane-air mixture. The main factors that determine the intensity of gas emission from the broken coal are the gas content of the near-face part of the coal seam, the time during which the coal stays within the production face, and its fractional composition. The management of these parameters can provide some effect in creating a normal air and gas situation in the production face.

**Key words:** methane production rate, broken coal, production face, gas content, technological cycle.

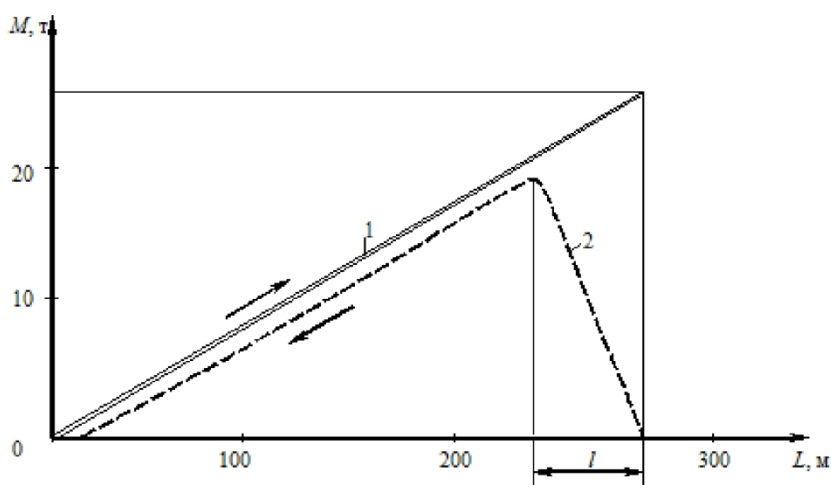


Рис. 1. Накопление массы отбитого угля на лавном конвейере при прямом (1) и обратном (2) ходе комбайна в пределах технологического цикла

Кузнецкий угольный бассейн является основным угледобывающим регионом России, на долю которого приходится около 60% всего добываемого угля и около 80% углей коксующихся марок. В частности в Кузбассе в 2017 году добыча угля достигла 240,5 млн. тонн (в предыдущем году 227,4 млн. тонн). В 2018 году планируется добыть 245 млн. тонн.

Подобные темпы роста добычи угля невозможно обеспечить без кардинального решения вопросов промышленной и аэрологической безопасности угольных шахт, которые зачастую резко сдерживают производительность выемочной техники. Среди сдерживающих факторов особое место занимает высокая газообильность очистных забоев, оборудованных высокопроизводительными механизированными комплексами, способными обеспечивать добычу до 40000 тонн в сутки.

Тенденции современной угледобычи сформировались таким образом, что практически все шахты Кузбасса работают с одним очистным забоем, что требует обеспечения его ритмичной работы с максимальным использованием технических возможностей оборудования и минимизации простоев по газовому фактору. В связи с этим возникает необходимость более детального исследования условий формирования источников газовой выделения в пространство очистного забоя при работе комбайна на разных режимах. Как показывает практика, основным источником выделения метана в очистной забой является отбитый уголь, долевое участие которого в газовом балансе участка прямо пропорционально скорости продвижения линии очистного забоя. При современных длинах лав от 250 до 400 м масса угля на забойном конвейере при его полной загрузке может достигать от 30 до 40 тонн, что создает условия для интенсивного выделения метана из свежее-

битой угольной массы в очистной забой и следовательно требует подачи дополнительного количества воздуха для поддержания его концентрации менее 1% [1, 2, 3].

Подобная ситуация чередуется с периодами, когда отбитый уголь на лавном конвейере отсутствует, что наблюдается либо в начале выемочного цикла, либо когда комбайн не ведет отбойку угля (ремонтная смена). Периодически повторяющаяся неравномерность выделения метана в очистной забой создает определенные трудности в управлении газовой выделением на выемочном участке, а зачастую приводит к автоматическому отключению электроэнергии и связанными с этим простоями. С другой стороны, вентиляционный режим участка и шахты в целом не может обеспечить гибкое регулирование подачи воздуха в лаву синхронно с колебаниями ее газообильности, максимальные значения которой повторяются с каждым циклом до 5-6 раз в смену [5, 6].

Ориентировочно объем газа, выделившегося из отбитого угля за один проход комбайна, может быть рассчитан из выражения

$$Q = (X_o - X_{ост}) \cdot L \cdot m d \gamma, \text{ м}^3 \quad (1)$$

где  $X_o$  – газоносность угля в краевой части пласта,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;  $X_{ост}$  – остаточная газоносность отбитого угля на выходе из очистного забоя,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;  $L$  – длина лавы, м;  $m$  – вынимаемая мощность пласта, м;  $d$  – ширина захвата комбайна, м;  $\gamma$  – плотность угля в массиве,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

Общая масса угля, отторгаемого от массива исполнительным органом комбайна, распределяется во времени, затраченном на один проход вдоль лавы. В связи с этим для оценки объема га-

за, выделяющегося в очистной забой, необходимо учитывать, только тот уголь, который находится на лавном конвейере. Этот объем может быть вычислен по формуле

$$Q_1 = (X_o - X_{oct}) \cdot l_k \cdot M \quad (2)$$

где  $l_k$  – длина загруженной части конвейера, м;  $M$  – масса угля на 1 м длины конвейера, т.

Как видно из формулы (2), количество газа, выделившегося из отбитого угля при прямом ходе комбайна, линейно зависит от его удаления от начала движения и достигает максимума при подходе к противоположному концу лавы (рис. 1). Пропорционально этому изменяется дебит метана в лаву и его концентрация.

При обратном ходе комбайна газообильность очистного забоя формируется более сложным образом, так как и комбайн и уголь на конвейере движутся в одном направлении, при этом длина грузовой ветви конвейера постоянно сокращается. В этом случае максимальное выделение газа из отбитого угля будет соответствовать положению комбайна на расстоянии от верхней точки лавы, определяемом по формуле

$$l = L \frac{V_{ком}}{V_{кон}} \quad (3)$$

где  $L$  – длина лавы, м;  $V_{ком}$  – скорость движения комбайна, м/с;  $V_{кон}$  – скорость движения цепи конвейера, м/с.

После прохождения зоны максимума газовыделение из отбитого угля сокращается до минимума по достижении комбайном нижней точки лавы.

Приведенные результаты были получены по наблюдениям в лаве 24-57 шахты им. С.М. Кирова СУЭК-Кузбасс при отработке пласта «Болдыревского». Лава оборудована комбайном Джой SL 300, крепью RS 2400-650, забойным конвейером AFG – 38/800/1500 и ленточным конвейером 4ЛЛ-1200-2 П.ТС. Лава имела нисходящее проветривание с количеством воздуха на входящей струе 13454 м<sup>3</sup>/мин по возвраточной схеме. На исходящей струе лавы количество воздуха составляло 954 м<sup>3</sup>/мин. Наблюдения проводились в добычную смену работы комбайна, который перемещался вдоль лавы по челноковой схеме, затрачивая на каждый цикл в среднем до 50 минут. По мере наращивания угольной массы на лавном конвейере возрастало и газовыделение из нее, которое рассчитывалось по формуле (1) и одновременно замерялось на исходящей струе лавы с интервалом пять минут. Замеры проводились без остановок комбайна за время цикла, либо кратковременными остановками, если концентрация метана на исхо-

дящей струе превышала 1%. В начале выемочного цикла концентрация метана составляла 0,2%, что соответствовало абсолютной газообильности 1,9 м<sup>3</sup>/мин, в конце прямого хода комбайна эти значения составляли соответственно 0,8% и 7,63 м<sup>3</sup>/мин. В ремонтную смену концентрация метана в лаве была постоянной и держалась на уровне 0,2-0,3% [7, 8].

Сравнивая кривые на рис. 1, видим, что наиболее неблагоприятная газовая ситуация в очистном забое складывается при прямом ходе комбайна, когда он доходит до верхней точки лавы, а конвейер имеет максимальную загрузку углем. Данное соотношение кривых абсолютной газообильности очистного забоя повторяется при каждом цикле и усиливается с увеличением длины лавы, которая может достигать 400 м (шахта им. В.Д. Ялевского, СУЭК-Кузбасс)

Полученные данные заставляют рассматривать отбитый уголь как основной источник газо-выделения в очистной забой и разрабатывать мероприятия по снижению его интенсивности.

В сложившихся условиях, принимая во внимание тенденции усложнения аэрогазовой проблемы шахт с высокопроизводительными очистными забоями, возникает необходимость и целесообразность организации более гибкого управления газовыделением в течение всего технологического цикла разрушения и перемещения угольной массы. Особое внимание следует уделять моментам, приуроченным к максимальному газовыделению в атмосферу очистного забоя и принимать корректирующие воздействия до наступления критического значения концентрации метана. В условиях, когда угольный пласт не дегазирован или дегазирован недостаточно, в качестве дополнительного способа сдерживания роста газообильности забоя целесообразно использовать комплекс организационно-технических мероприятий, включающих кратковременные технологические паузы работы комбайна или уменьшение его скорости движения, что автоматически приводит к быстрому снижению массы отбитого угля и полному освобождению конвейера в течение 2-3 минут, а следовательно, и к снижению газообильности очистного забоя. Технологические паузы работы комбайна необходимо использовать при приближении концентрации метана на исходящей струе лавы к критическим значениям в 1% [9, 10].

Структура технологических пауз может иметь два характерных периода. Первый период – это остановка комбайна и спуск отбитого угля с конвейера на перегружатель (отрезки времени  $t_1$  на рис 2, составляющие ориентировочно 1-2 минуты в зависимости от того, сколько метров прошел комбайн по лаве и скорости движения конвейера). Второй период (отрезки времени  $t_2$ ) характеризуется отсутствием угля на конвейере при его остановке, либо работе вхолостую, продолжительность которого зависит от газовой ситуации в ла-

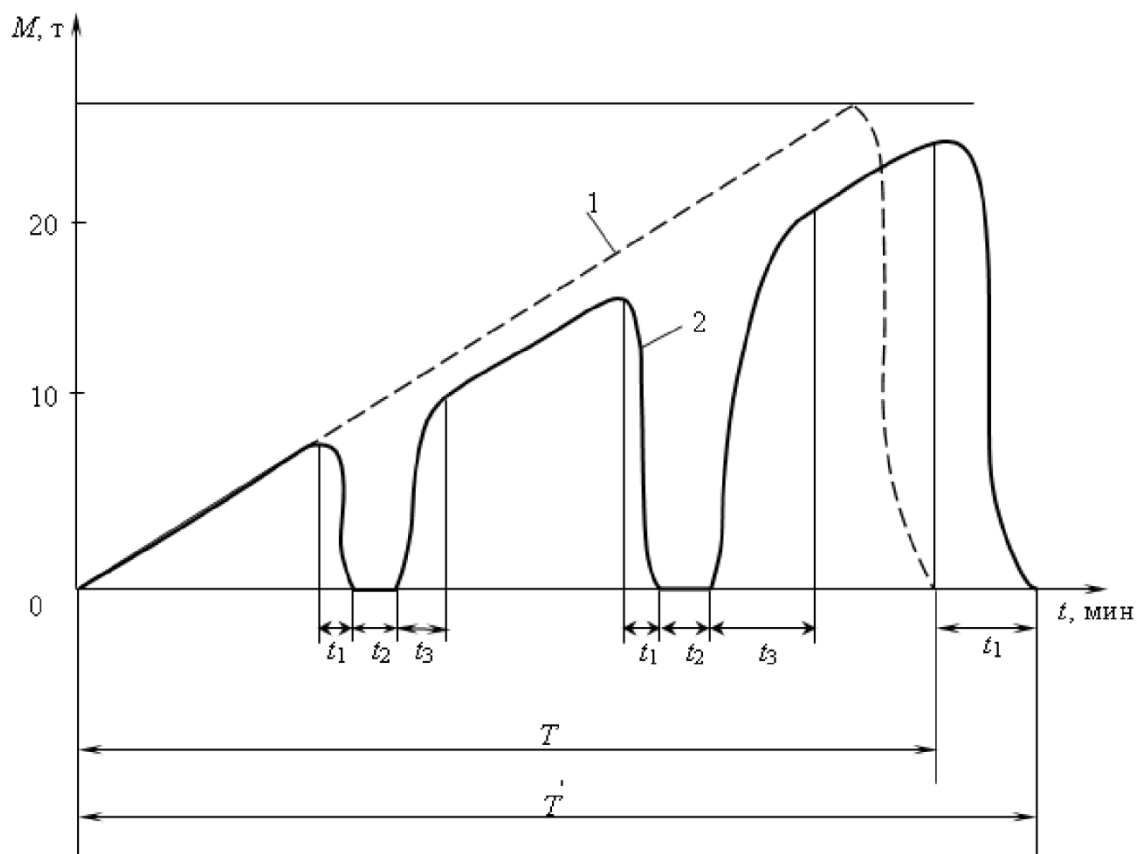


Рис. 2. Изменение массы отбитого угля, поступающего на лавный конвейер во время первой фазы технологического цикла при непрерывной работе комбайна (1) и при технологических паузах (2)  $t_1$  — схода отбитого угля с конвейера после остановки комбайна,  $t_2$  — время паузы в работе конвейера и комбайна,  $t_3$  — время повторного заполнения конвейера углем.  $T'$  и  $T$  — полное время цикла с технологическими паузами и без них

ве, но с учетом количества подаваемого воздуха и его скорости он может длиться до пяти минут.

По окончании паузы и включении комбайна начинается заполнение углем порожней ветви конвейера, что сопровождается увеличением массы отбитого угля и, соответственно, газовыделением из него в очистной забой (отрезок  $t_3$ ). Однако следует отметить, что темпы роста угольной массы на лавном конвейере и концентрации выделяющегося из нее метана являются различными, причем последние происходят на много медленнее первого и может составить 7-8 минут против 1-2 минут. Данное обстоятельство можно рассматривать как определенный резерв в обеспечении нормализации аэрогазовой ситуации в очистном забое. Подобное соотношение будет соблюдаться при каждой технологической паузе, которых за один технологический цикл работы комбайна может потребоваться, как показывает практика, не более двух.

Общий баланс времени, затраченного на технологические паузы, составит

$$T = \sum_{i=1}^n t_1 + \sum_{i=1}^n t_2 \quad (4)$$

где  $\sum t_1$  — сумма отрезков времени, затраченного на освобождение конвейерного става от

угля;  $\sum t_2$  — то же при полном прекращении работы механизмов.

В реальных условиях время прямого хода комбайна с учетом технологических пауз при типовой длине лавы 250 м может составить до 30 минут, включая время пауз. Если же отключение электропитания участка происходит автоматическими средствами контроля шахтной атмосферы, то в этом случае вынужденные простои могут достигать получаса и более. При обратном ходе комбайна необходимость в остановках, как правило, не возникает в связи с тем, что грузовая ветвь лавного конвейера не имеет полной загрузки и постоянно сокращается по мере перемещения комбайна в направлении конвейерного штрека.

Рассматривая отбитый уголь как основной источник газа в очистной забой, необходимо отметить также и то, что на скорость метановыделения из угля будет влиять и его фракционный состав. В частности, за время нахождения на конвейерной линии участка фракция угля 50 мм отдает до 50% метана. Более мелкие фракции могут дегазироваться до 70-80%. Данный фактор также должен учитываться при разработке мероприятий по управлению газовой выделению из отбитого угля в забоях с использованием высокомеханизированных выемочных комплексов нового поколения.

Изложенный метод технологического регулирования газовой выделению из отбиваемого от массива угля, безусловно, должен четко координироваться с показаниями приборов автоматического газового контроля с целью определения момента, когда необходимо производить остановку комбайна, не дожидаясь автоматических отключений электропитания участка. Как отмечалось выше, в этом случае потери времени на возобновление работы

комплекса будут намного больше, особенно при разработке высокогазоносных или недостаточно дегазированных угольных пластов. При технологических паузах эти потери будут практически неощутимы.

Завершая изложенное, необходимо отметить, что более гибкое и эффективное управление газовой выделением из всех источников возможно с учетом всего комплекса факторов, определяющих аэрогазовую ситуацию на выемочном участке, к которым можно отнести уровень дегазационной подготовки угольного пласта, его мощность, угол падения, схему вентиляции очистного забоя и скорость его подвигания, качество увлажнения угля, а также технические характеристики механизированных комплексов. Однако все эти факторы должны учитываться при разработке мероприятий для каждого конкретного случая и конкретных горногеологических условий [11].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев В.А. Анализ газовых балансов выемочных шахт / В.А. Ковалев, Л.А. Шевченко // Вестник КузГТУ. – 2012. – № 4 – с. 61-63.
2. Правила безопасности в угольных шахтах. – М: ЗАО «НТЦ исследований проблем промышленной безопасности». – 2014. – 200 с.
3. Шевченко Л.А., Гришин В.Ю. Влияние интенсивности отработки угольного пласта на структуру газового баланса выемочного участка. / Современные проблемы шахтного метана // сб. научн. трудов к 85-летию проф. Н.В. Ножкина. – М: ИД ООО Роликс – 2014. – с. 144-150.
4. Каледина Н.О. Учебно-методическое пособие по проектированию вентиляции горных предприятий. / Н.О. Каледина, С.С.Кобылкин, О.С. Каледин, А.С. Кобылкин. – М: Изд-во «Горная книга» – 2016. – 80 с.
5. Курта И.В. Особенности управления газовой выделением при интенсивной отработке угольных пластов опасных по самовозгоранию / И.В.Курта, Г.И. Коршунов, О.И. Казанин, М.А. Логинов/Горный информационно-технический бюллетень: М– МГГУ. – 2011.– № 7.– с. 31-33.
6. Шевченко Л.А. Газодинамические процессы в призабойной зоне мощных угольных пластов. / Вестник КузГТУ – № 1. – 2010. – с. 62-64.
7. Шевченко Л.А. Организационные меры по снижению газообильности очистного забоя при интенсивной отработке высокогазоносных угольных пластов./Материалы V Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири». – КузГТУ–Кемерово.– 2004.– с. 209-212.
8. Ковалев В.А. Аэрология горных предприятий / В.А. Ковалев, В.Н. Пузырев, Л.А. Шевченко. Учебное пособие. – КузГТУ. – Кемерово. – 2013. – 170 с.
9. Шевченко Л.А. О циклах газовой выделению в очистной забой при интенсивной отработке угольного пласта / Вопросы охраны труда и промышленной безопасности // Сб. научных трудов. – КузГТУ. – Кемерово.– 2014. с. 62 – 68.
10. Каледина Н.О. Обеспечение аэрологической безопасности выемочных участков шахт при интенсивной отработке угольных пластов / Горный информационно-технический бюллетень. Спецвыпуск № 12. – 2017. – с. 3-8.
11. Шевченко Л.А. Снижение газовой опасности шахт в условиях роста угледобычи. / Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности. Труды XII Международной научно-практической конференции. – Кемерово. – 2010. с. 18-22.

## REFERENCES

1. Kovalev V.A. Analiz gazovyh balansov vyemochnyh shaht / V.A. Kovalev, L.A. Shevchenko // Vestnik KuzGTU. – 2012. – № 4 – s. 61-63.
2. Pravila bezopasnosti v ugol'nyh shahtah. – M: ZAO «NTC issledovaniy problem promyshlennoj bezopasnosti». – 2014. – 200 s.
3. Shevchenko L.A., Grishin V.Ju. Vlijanie intensivnosti otrabotki ugol'nogo plasta na strukturu gazovogo balansa vyemochnogo uchastka. / Sovremennye problemy shahtnogo metana // sb. nauchn. trudov k 85-letiju prof. N.V. Nozhkina. – M: ID OOO Roliks – 2014. – s. 144-150.
4. Kaledina N.O. Uchebno-metodicheskoe posobie po proektirovaniju ventiljarii gornyh predpriyatij. / N.O. Kaledina, S.S.Kobylkin, O.S. Kaledin, A.S. Kobylkin. – M: Izd-vo «Gornaja kniga» – 2016. – 80 s.
5. Kurta I.V. Osobennosti upravlenija gazovydeleniem pri intensivnoj otrabotke ugol'nyh plastov opasnyh po samovozgoraniju / I.V.Kurta, G.I. Korshunov, O.I. Kazanin, M.A Loginov//Gornyj informacionno-tehnicheskij bjulleten': M– MGGU. – 2011.– № 7.– s. 31-33.
6. Shevchenko L.A. Gazodinamicheskie processy v prizabojnoj zone moshhnyh ugol'nyh plastov. / Vestnik KuzGTU – № 1. – 2010. – s. 62-64.
7. Shevchenko L.A. Organizacionnye mery po snizheniju gazoobil'nosti ochist-nogo zaboja pri intensivnoj otrabotke vysokogazonosnyh ugol'nyh plastov./Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri». – KuzGTU–Kemerovo.– 2004.– s. 209-212.
8. Kovalev V.A. Ajerologija gornyh predpriyatij / V.A. Kovalev, V.N. Puzyrev, L.A. Shevchenko. Uchebnoe posobie. – KuzGTU. – Kemerovo. – 2013. – 170 s.
9. Shevchenko L.A. O ciklah gazovydelenija v ochistnoj zaboj pri intensivnoj otrabotke ugol'nogo plasta / Voprosy ohrany truda i promyshlennoj bezopasnosti // Sb. nauchnyh trudov. – KuzGTU. – Kemerovo.– 2014. s. 62 – 68.
10. Kaledina N.O Obespechenie ajerologicheskoy bezopasnosti vyemochnyh uchastkov shaht pri intensivnoj otrabotke ugol'nyh plastov / Gornyj informacionno-tehnicheskij bjulleten'. Specvypusk № 12. – 2017. – s. 3-8.
11. Shevchenko L.A. Snizhenie gazovoj opasnosti shaht v uslovijah rosta ugledo-bychi. / Jenergeticheskaja bezopasnost' Rossii. Novye podhody k razvitiyu ugol'noj promyshlennosti. Trudy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Kemerovo. – 2010. s. 18-22.

Поступило в редакцию 25.06.2018

Received 25.06.2018