

производительность и эффективность грохочения, которые выбраны в качестве функции цели.

3. Методом планирования эксперимента определено, что для обеспечения достоверности экспериментальных данных с вероятностью 95% минимально необходима повторяемость не менее трех раз, при которых опыты являются воспроизводимыми.

4. Предложено анализ экспериментальных данных на основе регрессионной зависимости, в виде двухуровневого полинома первого порядка, и построение обобщенной модели работы ВВГ произвести с помощью программного комплекса SPSS Statistics.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надутый В.П. Результаты испытания вибровозбудителей импульсного и вращательного типа при классификации минерального сырья / В.П. Надутый, П.В. Левченко, А.И. Егурнов // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 40 (81). – С. 51–55.
2. Надутый В.П., Калиниченко В.В. Вибрационное грохочение горной массы повышенной влажности / Монография. – Днепропетровск. НГУ Украины. – 2004. – 135 с.
3. Надутый В.П. Исследование влияния режимных и конструктивных параметров на технологические показатели виброгрохотов с резиновыми ленточно-струнными ситами / Тр. 2 Междунар. симпоз. по механике эластомеров. – Днепропетровск. – 1997. – С.314-323.
4. Пат. № 53632 UA, МПК⁸ В 07 В 1/40 (2006.01). Вертикальний вібраційний грохот / Надутый В.П., Левченко П.В., Кіжло Л.А.; заявник і патентовласник ІГТМ НАНУ; Заявл. 26.04.2010; Опубл. 11.10.2010, Бюл. № 19. – 3 с.
5. Основы научных исследований. Грушко И.М., Сиденко В.М.– 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1983. – 224с.

УДК 622.831.325.3

С.А. Курносков, к.т.н.
(ИГТМ НАН Украины)

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕСТА И ПАРАМЕТРОВ ЗАЛОЖЕНИЯ ГАЗОСБОРНОЙ ВЫРАБОТКИ ПРИ ДЕГАЗАЦИОННЫХ РАБОТАХ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Доведена доцільність розташування польових газозбірних виробок в підробленому масиві, запропоновано методичний підхід до визначення параметрів їх закладання

THE METHODOICAL APPROACH TO THE DETERMINATION OF THE PLACE AND PARAMETERS PLACINGS GAS-COLLECTION OF DEVELOPMENT AT DEGASSING WORKS IN COAL MINES

The expediency of an arrangement field gas-collection of development in the unloaded rock mass, the methodical approach to determining the parameters of their placement

Увеличение метанообильности шахт, вызванное ростом глубины разработки и интенсификацией горных работ, привело к такому положению, когда средствами вентиляции не удается снизить содержание метана в рудничной атмосфере до уровня, установленного «Правилами безопасности...». Поэтому одним из возможных и наиболее эффективных способов борьбы с метаном в угольных

шахтах является его извлечение и утилизация. Широкое применение в нашей стране и за рубежом способов и средств дегазации углепородного массива [1-3] в большинстве случаев не решает проблему безопасного ведения очистных работ и извлечения метана на уровне промышленного использования из-за того, что они не учитывают, или учитывают в недостаточной мере, тесно взаимосвязанные геомеханические и газодинамические процессы сдвижения, деформирования и трещинообразования в массиве, характер протекания которых в пространстве и во времени создает сложную обстановку на участке, препятствующую добыче угля высоконагруженными лавами.

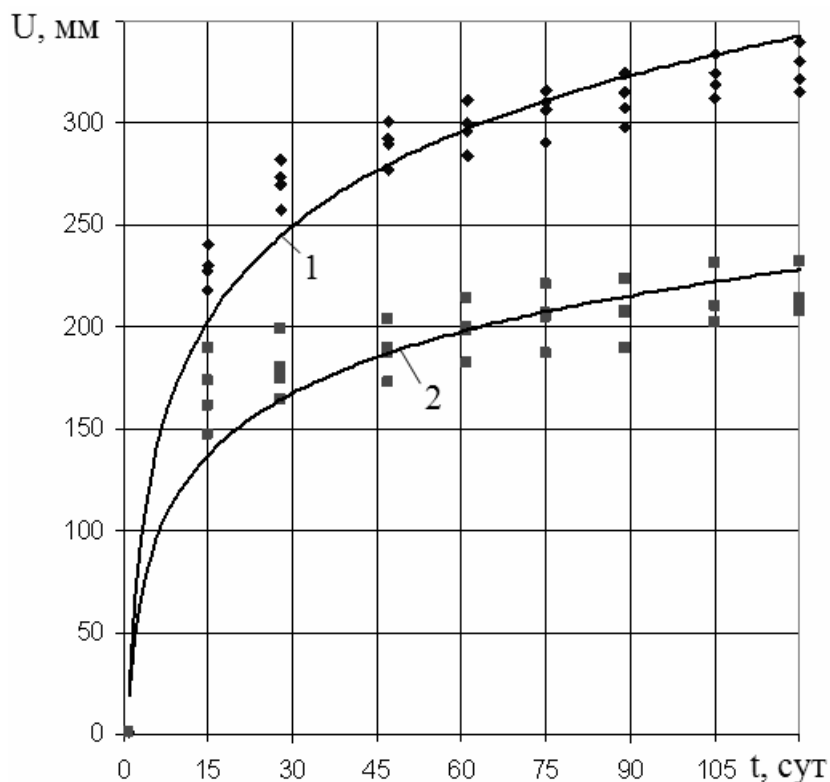
ИГТМ НАН Украины доказано теоретически и подтверждено на практике, что эту проблему можно решить путем разработки и внедрения принципиально новых схем дегазации массива с применением дополнительной газосборной выработки, которая на начальном этапе используется как вентиляционная, а в последующем – для каптажа метана из кровли-почвы угольного пласта, выработанного пространства действующей и ранее отработанных лав, пластов-спутников и т.д.

Выполненные исследования, а также опыт применения на шахтах им. А.Ф. Засядько и «Краснолиманская» одного из вариантов схем дегазации с использованием полевой газосборной выработки, расположенной в подработанном массиве, доказали эффективность их применения и позволили сформулировать требования, предъявляемые к выработке, основными из которых являются сохранение ее устойчивости на весь период эксплуатации и возможность эффективного забора метана с различных участков его возможного скопления. Для решения как одной, так и другой задачи требуется научное обоснование рационального места заложения газосборной выработки.

Авторами немногочисленных исследований, выполненных в этом направлении, в основном, расчетно-аналитическими методами [4, 5], утверждается, что размещение выработки в подработанном или надработанном массиве улучшает условия ее поддержания. Впервые экспериментально доказано (рис. 1), что при заложении выработки по угольному пласту (вентиляционный штрек 16-ой западной лавы пл. m_3 шахты им. А.Ф. Засядько) и в подработанном массиве 15-ой западной лавы того же пласта (газосборная выработка, расположенная в 15 м по вертикали от вентиляционного штрека и 7 м по восстанию в плоскости пласта), величина и характер проявления горного давления в выработках различны и они не в пользу выработки, заложеной по пласту. Из графиков на рис. 1 видно, что процесс деформирования кровли и в том и в другом случаях имеет два четко выраженных периода – интенсивный и установившийся. Интенсивный период в вентиляционном штреке длится до 30 суток. За это время смещения кровли достигли 250 мм или 76 % от общей величины. В установившемся периоде смещения стабилизировались и за 90 суток их прирост составил 80 мм или 24 % от смещений за весь период наблюдений (кривая 1).

Следует отметить, что в условиях неустойчивых пород и глубине разработки более 1000 м величина смещений кровли в выработке, пройденной по пласту, еще даже вне зоны влияния очистных работ составила 330 мм, т.е. превы-

сила податливость трехзвенной арочной крепи, что привело к изменению режима работы крепи с податливого к режиму жесткого деформирования.



1 – вентиляционный штрек; 2 – полевая газосборная выработка

Рис. 1 – Зависимость смещений кровли выработки от времени ее поддержания

Электрометрическими измерениями выявлены зоны повышенной трещиноватости в кровле штрека, которые за период интенсивного деформирования распространились в глубь массива на 5 м от обнажения с постепенным незначительным увеличением по мере отхода забоя выработки от участка измерения.

Иная картина наблюдается при заложении выработки в подработанном массиве 15-ой западной лавы. При ее проходке период интенсивного деформирования кровли сократился до 20 суток, т.е. в 1,5 раза (кривая 2). За это время смещения достигли 170 мм с постепенной стабилизацией на уровне 225 мм, т.е. в 1,5 раза меньше, чем в выработке, пройденной по пласту. Трещиноватость кровли, при этом, распространилась на 8 м от контура выработки, а ее интенсивность снизилась в 2,5 раза и до конца наблюдений (120 суток) осталась на том же уровне.

Объяснить это можно рядом отрицательно и положительно влияющих факторов. К отрицательным относятся: расположение газосборной выработки в зоне взаимного влияния с вентиляционным штреком и активного влияния временного опорного давления работающей смежной 16-ой западной лавы. К положительному следует отнести размещение газосборной выработки в разгруженном от горного давления подработанном массиве кровли пласта.

Из графиков видно, что зависимость смещений кровли выработок, пройденных по пласту и в нарушенных породах ранее выработанного пространства, от времени их поддержания изменяется по логарифмическому закону. Эмпирические зависимости имеют вид:

– при расположении выработки по отрабатываемому пласту:

$$U_{вш} = 67,213 \cdot \ln(t) + 20,886, R^2=0,9639;$$

– при расположении выработки в подработанном массиве кровли:

$$U_{зв} = 43,783 \cdot \ln(t) + 18,423, R^2=0,9218,$$

где $U_{вш}$ – смещения кровли в вентиляционном штреке; $U_{зв}$ – смещения кровли в газосборной выработке; t – время поддержания выработки, сут.; R^2 – достоверность аппроксимации.

Из графиков видно, что, несмотря на размещение газосборной выработки всего в семи метрах от пласта, активное влияние временного опорного давления несколько снижено. Положительную роль здесь также сыграло примыкание кровли выработки к более прочному слою алевролита. Таким образом, размещение выработок в подработанном массиве и обоснование параметров размещения играет ключевую роль в повышении устойчивости выработки и эффективности выполнения дегазационных мероприятий.

Для обоснования этих выводов нами экспериментально исследовано геомеханическое состояние массива горных пород вокруг газосборных выработок, выявлен механизм и установлены закономерности его изменения при различных условиях и параметрах заложения выработки.

В качестве объектов исследований выбраны пласт m_3 , отрабатываемый 16-ой западной лавой шахты им. А.Ф. Засядько и k_5 , отрабатываемый 6-ой южной лавой шахты «Краснолиманская».

Для определения параметров заложения полевой газосборной выработки необходимо знать закономерности формирования горного давления по простиранию пласта в процессе его отработки и по восстанию в выработанном пространстве ранее отработанных лав. В качестве примера здесь приведены результаты исследований по пласту m_3 шахты им. А.Ф. Засядько. Измерения расслоений и смещений кровли-почвы осуществляли глубинными и контурными реперами, трещиноватости вблизи обнажения и в глубине массива – методом электрометрии, относительных нагрузок на крепь – виброакустическими измерениями. Напряженно-деформированное состояние массива исследовали методами локального гидроразрыва и буровых скважин, дебит метана – по данным службы ВТБ шахты. Исследования проводили в соответствии с разработанной методикой.

Комплексные измерительные станции расположены в вентиляционном ходке (4 шт.) на различном расстоянии от борта вентиляционного штрека 16-ой за-

падной лавы по восстанию пласта в сторону выработанного пространства 14-ой и 15-ой западных лав и в газосборной выработке (4 шт.) на различном расстоянии от забоя лавы.

Исследованиями установлено, что, в зависимости от расстояния измерительной станции до очистного забоя, впереди лавы формируются зоны повышенного горного давления с максимумом на расстоянии 10-50 м, где смещения достигают 660 мм и в 6 раз больше, чем в зоне ненарушенного горными работами массива. Следует отметить, что в зоне активизации смещений (порядка 100 м до очистного забоя) дебит метана стремительно увеличивается в результате интенсивного трещинообразования в окружающих выработку породах и достигает 4 м³/мин, после чего резко снижается до 0,5 м³/мин по причине закрытия трещин в зоне опорного давления. За лавой (до 80 м в сторону выработанного пространства) рост смещений продолжается по причине увеличения консоли необрушенных пород кровли, а затем, на расстоянии 150 м и более – снижается вследствие посадки кровли.

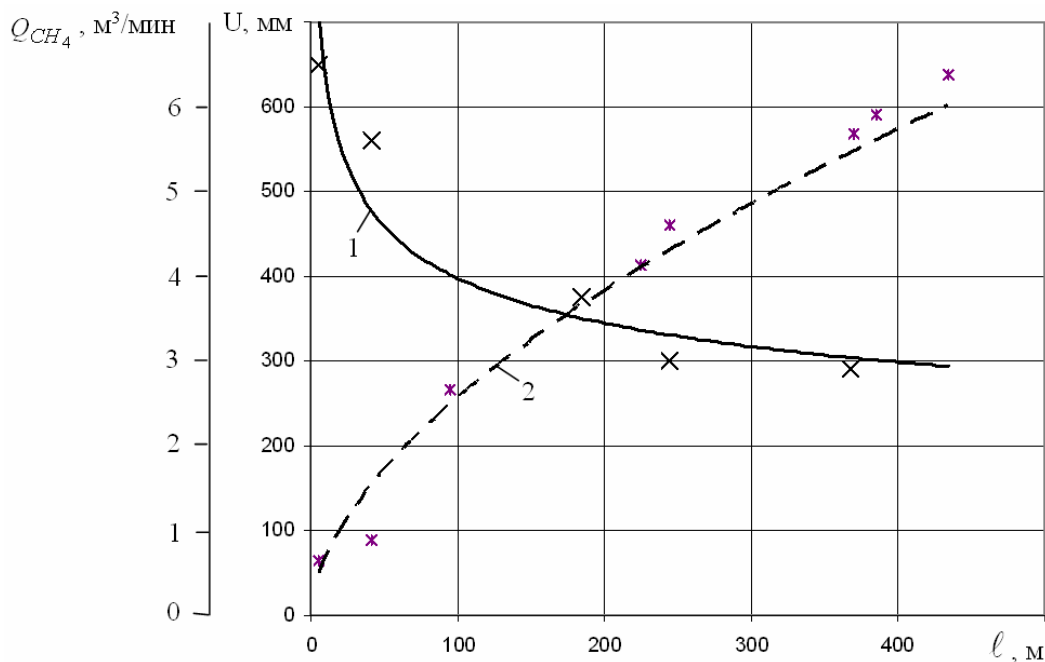
Результаты исследований свидетельствуют о том, что очистные работы в отрабатываемой смежной лаве оказывают влияние не только на состояние угленосного массива отрабатываемого столба, но и на подработанный массив. В этом можно убедиться, проанализировав характер формирования горного давления по восстанию пласта в выработанном пространстве 14-ой и 15-ой западных лав. Исследованиями установлено, что как смещение пород в подработанном массиве, так и дебит метана, при прочих равных условиях, определяются величиной и скоростью процессов сдвижения вышележащего массива с образованием мульды сдвижения. По данным эксперимента, сдвижение пород кровли со стороны восстания пласта на момент отработки 14-ой и 15-ой западных лав распространилось до 400 м от борта вентиляционного штрека с образованием зоны разгрузки, напряжения в которой, в результате уплотнения пород на этом участке, меньше μH . С уменьшением расстояния до борта штрека, где процесс сдвижения вышележащих пород еще не завершился, отмечен рост смещений вследствие усадки (переуплотнения) пород выработанного пространства 15-ой лавы. При этом образуется зона стационарного опорного давления, размеры которой зависят от площади выработанного пространства и процессов интенсификации усадки пород. На расстоянии 100-150 м от борта штрека расположена зона активизации смещений, вызванная незавершенным процессом сдвижения пород кровли 15-ой лавы и влиянием очистных работ в смежной 16-ой лаве. При этом образуется зона повышенного горного давления (ПГД), деформации массива в которой нарастают с приближением к борту вентиляционного штрека. На расстоянии 40-50 м преобладающее влияние оказывают очистные работы в 16-ой лаве, где в процессе отработки впереди лавы со стороны восстания формируется зона временного опорного давления. В результате наложения (суперпозиции) зон стационарного и временного опорных давлений смещения кровли достигают максимальных значений, а дебит метана – минимальных вследствие уплотнения пород и закрытия трещин.

На рис. 2 показаны графики дебита метана и смещений кровли по показаниям измерительных станций, находившихся в вентиляционном ходке на различном удалении от борта вентиляционного штрека в сторону ранее отработанного массива. Из графиков видно, что зона активного влияния очистных работ в 16-ой лаве на выработанное пространство 14-ой и 15-ой лав распространяется на 100-150 м (смещения здесь достигли 650-360 мм соответственно). При этом дебит метана, наоборот, снижается по мере приближения фронта очистных работ до 0,5 м³/мин. Установлено, что величина смещений кровли и дебита метана в ранее выработанном пространстве в зависимости от расстояния до борта вентиляционного штрека по восстанию подчиняются степенному закону:

$$U = 1027,3 \cdot \ell^{-0,2062}, R^2 = 0.9052;$$

$$Q_{CH_4} = 17,608 \ell^{0,5814}, R^2 = 0.9294,$$

где U – смещения кровли в ранее выработанном пространстве, мм; Q_{CH_4} – дебит метана в ранее выработанном пространстве, м³/мин; ℓ – расстояния до борта вентиляционного штрека по восстанию, м.



1 – смещения, мм; 2 – метановыделение, м³/мин

Рис. 2 – Зависимость смещения кровли и метановыделения от расстояния от борта лавы вглубь ранее отработанного массива при нахождении лавы в 6 м от линии измерительных станций:

Если следовать принципу рациональности заложения газосборной выработки в подработанном массиве, при котором достигаются удовлетворительные показатели ее устойчивости и дебита метана, то выработку следовало бы разместить на расстоянии 160-180 м от борта вентиляционного штрека (см. рис. 2),

т.е. за зоной ПГД. Однако, учитывая то, что при этом расстоянии, согласно схеме дегазации, длина четырех сбоек, которые в целях вентиляции соединяют газосборную и вентиляционную выработку, составит около 170 м. Это существенно увеличит стоимость проходки и поддержания выработок. С другой стороны, размещение газосборной выработки сразу же за зоной опорного давления (40-50 м от борта вентиляционного штрека) увеличит стоимость ее поддержания, т.к. арочная крепь в таких условиях потеряет способность выполнять свои функции и для сохранения устойчивости выработки потребуется применение дополнительных средств крепления. Альтернатива может быть найдена при сопоставлении затрат на поддержание, трудоемкости проведения, технологичности выполнения очистных и дегазационных работ, и самое главное – уровня безопасности труда горнорабочих.

На рис. 3 показаны величины смещений кровли и достигнутый при этом коэффициент превышения податливости (K_{np}) арочной крепи в зависимости от расстояния до забоя лавы по простиранию и от борта вентиляционного штрека по восстанию в сторону подработанного массива 15-ой лавы. Для арочной крепи типа АП-33 $K_{np}=300/U$. Из рисунка видно, что влияние очистных работ существенно сказывается в подработанном массиве уже на расстоянии порядка 300 м – арочная крепь фактически исчерпала свою податливость ($K_{np}=1$), в зоне ПГД $K_{np}=1,33-1,80$, а в зоне опорного давления K_{np} достигает значения 2,2.

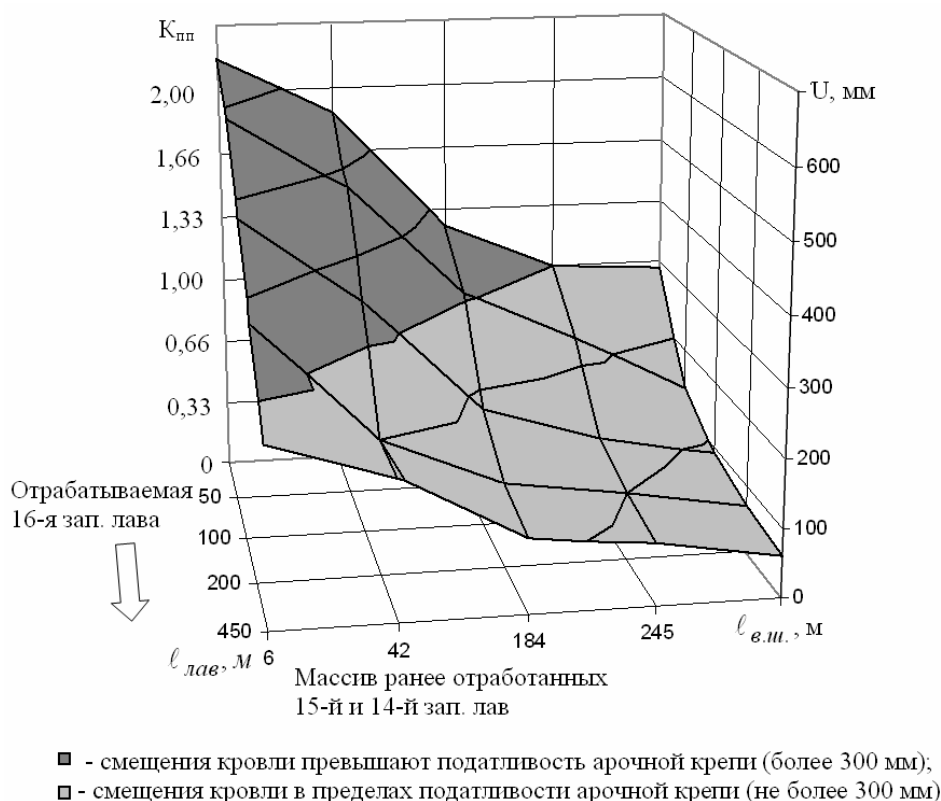


Рис. 3 – Зависимость смещения кровли (U) и коэффициента превышения податливости крепи (K_{np}) от расстояния до лавы по простиранию ($l_{лав}$) и до борта вентиляционного штрека по восстанию ($l_{в.ш.}$)

Таким образом, при разработке прогрессивных схем дегазации с использованием специальной полевой газосборной выработки ключевой задачей, определяющей эффективность и безопасность ведения очистных и дегазационных работ, является определение рационального места и параметров заложения выработки. Разработанный и апробированный методический подход к решению этой задачи позволяет для различных горно-геологических и горнотехнических условий угольных шахт обосновать выбор схемы дегазации и оценить ее эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф. Создание индустрии шахтного метана в топливно-энергетическом комплексе Украины // Геотехническая механика, 1998. – № 10. – С. 3-8.
2. Курносое С.А. Дегазация газонасыщенного угленосного массива при столбовой системе разработки пологих угольных пластов // Геотехническая механика, 2008. – № 74. – С. 215-222.
3. Булат А.Ф. О перспективах развития в Украине отрасли по извлечению метана угольных месторождений / А.Ф. Булат, В.В. Камышан // Геотехническая механика, 2002. – № 32. – С. 3-9.
4. Зборщик М.П. Охрана выработок глубоких шахт в выработанном пространстве. – К.: Техника, 1978. – 176 с.
5. Эффективность использования защитных пластов для предотвращения газодинамических явлений / А.В. Анциферов, Д.И. Ходырев, В.А. Канин и др. // Уголь Украины. – 2002. – № 11. – С. 10-12.

УДК 622.17: 662.236.3

В.Л. Приходченко, к.т.н.,
Е.А. Слащева к.т.н.,
Н.В. Коваль, м.н.с
(ИГТМ НАН Украины)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОКСОВАНИЯ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ

Наведені результати лабораторного коксування вугільних шламів і вугілля Львівсько-Волинського басейну, проаналізована динаміка виходу газу, його найважливіших компонентів та теплоти спалювання по мірі нагріву в залежності від складу вихідної сировини

STUDY OF COKING PROCESS WASTE COAL

Results of laboratory coking coal sludge and coal Lvov-Volyn Basin, studied the dynamics of gas output, its main components and the heat of combustion as heating depending on the composition of the feedstock

Накопления углеотходов сопровождают основные процессы угледобывающих и углеобогащительных предприятий, в результате чего на территории Украины имеются 1063 породных отвала, занимающих более 8,4 тыс. га земли с 1,4 млрд. м³ твердых отходов, и 35 различных шламонакопителей, площадью более 2,3 тыс. га с более чем 130 млн. м³ шламов [1].

В настоящее время в связи с увеличением количества отработки тонких пластов с присечкой боковых пород, качество рядовых энергетических и коксующихся углей снижается. В то же время на поверхности земли угленосные от-