

DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-75-83

УДК 622.33

**СЕЛЕКТИВНАЯ ВЫЕМКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ: ОПЫТ,  
СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ  
КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**SELECTIVE EXTRACTION OF MINERALS: EXPERIENCE,  
SYSTEMATIZATION AND PROSPECTS OF APPLICATION AT  
COMPLEX DEVELOPMENT OF COAL DEPOSITS**

**Кузнецова Людмила Васильевна,**

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

**Lyudmila V. Kuznetsova, Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher**

**Анферов Борис Алексеевич,**

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

**Boris A. Anfyorov, Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher**

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского Отделения Российской академии наук, 650065, Россия, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10.

Federal Research Center of Coal and Coal chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 10, Leningradsky Ave., Kemerovo, 650065, Russian Federation

**Аннотация: Актуальность работы.** Геохимические исследования угольных пластов многих месторождений свидетельствуют о том, что некоторые из них, содержащие ценные химические элементы в промышленных концентрациях на извлечение, могут рассматриваться как рудоносные и должны разрабатываться комплексно с использованием технологий селективной выемки.

**Цель работы.** Обобщить накопленный опыт подземной селективной выемки полезных ископаемых путем систематизации технологических схем по отличительным признакам и выбрать возможные варианты организации селективной выемки угля в конкретных горно-геологических условиях.

**Методы исследования.** Для систематизации технологических схем подземной селективной выемки использован метод фасетной классификации, при котором множество вариантов технологических схем характеризуется набором признаков, на основании которых оно делится многократно и независимо на ячейки, содержащие в себе определенные значения признаков технологии.

**Результаты.** Систематизация технологических схем подземной селективной выемки угольных пластов позволяет группировать технологии по определенным признакам (цель, деление на слои, присечка вмещающих пород, способ разграничения горных пород при их отбойке и т.д.) и, в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий, методом аналогии выбирать наиболее рациональный вариант.

**Abstract: The urgency of the discussed issue.** Geochemical studies of coal seams of many deposits indicate that some seams containing valuable chemical elements in industrial concentrations for extraction can be considered as ore-bearing and should be developed using selective mining technologies.

**The main aim of the study.** Generalization of the accumulated experience of underground selective mining of minerals through systematization of technological schemes by distinctive features. Choosing possible options for organizing selective coal mining in specific mining and geological conditions.

**The methods used in the study.** To systematize technological schemes of underground selective mining, the method of facet classification is used, in which many variants of technological schemes are characterized by a set of characteristics on the basis of which it is repeatedly and independently divided into cells containing certain values of technology features.

**The results.** Systematization of technological schemes for underground selective mining of coal seams allows grouping technologies according to certain criteria (goal, division into layers, cutting of enclosing rocks, the way of rocks delineation during their cutting, etc.) and, depending on mining and geological and mining conditions, by the analogy method choose the most rational variant.

**Ключевые слова:** угольное месторождение, технологическая схема, селективная выемка, разделение потоков, ценные химические элементы, систематизация.

**Key words:** coal deposit, technological scheme, selective mining, separation of flows, valuable chemical elements, systematization.

Российская Федерация обладает большими запасами углеводородов, из которых уголь не самый востребованный в нашей стране. Например, в Кузнецком бассейне добывается более 240 млн. т каменного угля, из них более 120 млн. т экспортируется в страны ближнего и дальнего зарубежья.

До настоящего времени уголь рассматривался как топливо для сжигания в топках котельных агрегатов тепловых электростанций (энергетические угли) и сырье для выработки металлургического кокса (кокующиеся угли). Однако геохимические исследования угольных пластов многих месторождений, в том числе Кузбасса, свидетельствуют о том, что некоторые из них, содержащие ценные химические элементы в промышленных концентрациях на извлечение, являются рудоносными и должны разрабатываться комплексно с использованием технологий селективной выемки [1-3]. В этом случае уголь необходимо рассматривать как сырье для получения ценных минеральных комплексов. Именно это направление развития угольной отрасли авторы считают наиболее важным на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

Селективная выемка, встроенная в основной технологический процесс добычи угля, по сравнению с традиционной (валовой) разработкой, неизбежно снижает производительность очистного забоя, однако способствует [3]:

- сохранению природного качества угля из различных слоев за счет исключения предварительного рыхления угольного пласта, например с использованием буровзрывных работ, и разубоживания его породой;
- организации раздельного формирования и выдачи на поверхность (от забоя до склада) однородных по качеству нескольких потоков горной массы;
- осуществлению раздельной переработки углей различного качества;
- созданию нескольких технологических линий «добыча-переработка», работающих одновременно.

За счет этого, а также в зависимости от концентрации ценных химических элементов, значительно повышается товарная ценность угольной продукции, обеспечивая экономическую целесообразность селективной выемки угля и комплексного освоения месторождения.

В странах ближнего зарубежья (Казахстан, Беларусь, Украина) уделяют пристальное внимание развитию технологий селективной выемки угля и других пластовых месторождений полезных ископаемых, особенно применительно к соответствующим горно-геологическим условиям [4-7].

Для организации селективной выемки угля разработано большое количество технологических схем для различных горно-геологических условий. Чаще всего эти схемы носят конкретный характер, отвечающий не только условиям залегания пласта, месту районирования повышенных концентраций ценных компонентов, но и определенной характерной особенности ценного компонента (радиоактивность, магнитные свойства и др.). Кроме того в настоящее время селективно разрабатываются соляные и рудные месторождения; в этих технологических схемах используют принципы селективности и средства механизации, которые вполне применимы и для разработки угольных пластов. Необходимость систематизации технологических схем селективной выемки угольных пластов заключается в том, чтобы обобщить существующий опыт и обеспечить возможность выбора рационального из возможных вариантов, позволяющего комплексно освоить месторождение.

Для систематизации технологических схем использован метод фасетной классификации [8]. Множество вариантов характеризуется набором признаков, на основании которых оно делится многократно и независимо на ячейки (фасеты), содержащие в себе определенные значения признаков технологии. Изменения в любом из фасетов не оказывает влияния на остальные. Метод позволяет образовывать новые классификационные группировки из имеющихся фасетов, включать новые, исключать старые без перегруппировки. По сравнению с другими методами он обеспечивает создание систематизации большой емкости, т.е. – использовать большое число признаков и их значений, и возможность простой модификации всей системы без изменения структуры существующих группировок (табл.).

Любая технологическая схема может быть описана структурной формулой вида:

$$K_S = (\Phi_{ij}),$$

Таблица. Систематизация технологических схем подземной селективной выемки  
Table. Systematization of technological schemes of underground selective mining

Признак	Значение				
	1	2	3	4	5
$\Phi_1$ – цель селективной выемки	снижение разубоживания угля	попутная добыча рудного сырья	-	-	-
$\Phi_2$ – забой по условной длине	короткий	длинный	-	-	-
$\Phi_3$ – деление пласта по мощности на слои	без деления	с делением: один проход – одно качество	с делением: один проход – все слои	с выпуском подкровельной толщи	-
$\Phi_4$ – присечка вмещающих пород	без присечки	почвы	кровли	кровли и почвы	пропластков
$\Phi_5$ – режущий орган выемочной машины	избирательного действия	фронтального действия	шнековый	бурошнековый	струг
$\Phi_6$ – разграничение горных пород при их отбойке	по видимой границе	по заданной границе	по контролю состава	по физико-техническим характеристикам	без разграничения
$\Phi_7$ – способ разделения потоков горной массы	технологической паузой	без технологической паузы	магнитная сепарация	по контролю состава	по цвету
$\Phi_8$ – место разделения потоков горной массы	в зоне ведения работ по выемке	на сопряжении очистного забоя с конвейерным штреком	на сопряжении участковой выработки с магистральной	в участковой выработке	-

где  $\Phi$  – выделенные признаки систематизации или фасеты;  $i$  – произвольно присвоенный порядковый номер признака (номер строки);  $j$  – произвольно присвоенный номер значения признака (номер столбца). Анализ существующих технологических схем селективной выемки полезных ископаемых (пластовых и рудных месторождений) позволил выделить набор признаков и их значений.

Признак  $\Phi_1$  характеризует основную цель организации селективной выемки угля и содержит два значения:

1 – повышение качества выдаваемого на поверхность угля путем снижения его разубоживания пустой породой, которая остается в выработанном пространстве шахты. В этом направлении совершенствуются технологические схемы разработки пластов сложного строения и маломощных [9-11];

2 – добыча угля и попутно рудного сырья для получения ценных минеральных комплексов [3].

$\Phi_2$  – технологический признак, разделяющий схемы по условной длине забоя, в котором производится отбойка угля, породы, рудного сы-

рья:

1 – технологии с коротким забоем, очистным или подготовительным («Камерно-столбовая система»);

2 – технологии, в которых выемка полезного ископаемого производится в длинном очистном забое (система разработки «Длинные столбы»).

$\Phi_3$  – разделяет технологические схемы в зависимости от того, как отбиваются от угольного массива зоны напластований с различными концентрациями ценных химических элементов и угля:

1 – без деления на слои, когда в забое формируется один поток горной массы, который впоследствии разделяется на несколько потоков за счет контроля вещественного состава горной массы [3, с. 453];

2 – с делением на слои, когда за один проход комбайна вдоль забоя отбивается и формируется поток горной массы определенного вещественного состава (один проход – одно качество) [7];

3 – с делением пласта по мощности на слои, но за один проход комбайна вдоль забоя отбиваются полезные ископаемые всех слоев с формиро-

ванием нескольких потоков горной массы различного вещественного состава [3, с. 455];

4 – пласт вынимается на всю мощность с выпуском угля подкровельной толщи, когда попутная добыча минерального сырья осуществляется из прикровельной части пологого пласта и/или пород кровли [12].

**Ф<sub>4</sub>** – учитывает необходимость присечки вмещающих пород, в том числе и пропластков [4, 7];

1 – без присечки пород кровли и почвы пласта, но с возможной присечкой пород пропластков, если из них не формируется отдельный поток горной массы;

2 – с присечкой пород кровли пласта, когда в них содержатся ценные химические элементы в повышенных концентрациях;

3 – с присечкой пород почвы пласта, когда в них содержатся ценные химические элементы в повышенных концентрациях;

4 – с присечкой пород кровли и почвы пласта, когда в них содержатся ценные химические элементы в повышенных концентрациях;

5 – с отбойкой прослоя (одного или нескольких с формированием одного или нескольких потоков горной массы определенного вещественного состава), когда в нем содержатся ценные химические элементы в повышенных концентрациях.

**Ф<sub>5</sub>** – делит технологические схемы по виду режущего органа выемочной машины:

1 – со стреловидным режущим органом избирательного действия, например Копейского машиностроительного завода типа ГПКС, КП;

2 – фронтального действия, например машина для послонной выемки «Урал-60С»;

3 – со шнековым исполнительным органом, такие как трехшнековый очистной комбайн типа КС-2 (Гипроуглемаш), EDW300/760L производства фирмы «Айкхофф» (Германия), двухшнековые очистные комбайны как отечественные, так и зарубежные, например, ГШ 500, КШ 1КГУ, КШ 3М, РКУ-10, SL500S и др. [4, 7];

4 – бурошнековые установки БУГ-3 и БУГ-3М для селективной выемки тонких угольных пластов с углом падения до 15 градусов [10, 13];

5 – установки струговые, применяемые для разработки тонких и весьма тонких пластов с присечкой пород кровли или почвы, с селективной (раздельной) выдачей угля и породы [14, 15].

**Ф<sub>6</sub>** – характеризует способ разграничения горных пород по их качественному составу при их отбойке:

1 – по видимой границе (например, слои отличаются по цвету) [3, с. 456];

2 – по заданной границе, когда видимой границы между слоями нет, но слои отличаются по вещественному составу и это достоверно установлено геохимическими исследованиями [3, с. 446];

3 – по контролю вещественного состава, когда можно определить наличие ценных химических элементов непосредственно в забое (например, радиометрическим методом);

4 – по физико-техническим характеристикам отбиваемой горной породы (например, с помощью датчика «уголь-порода» фирмы MARCO [16]);

5 – без разграничения горных пород.

**Ф<sub>7</sub>** – характеризует способ разделения потоков горной массы различного вещественного состава:

1 – выдерживанием технологической паузы, например, при транспортировании всех потоков горной массы одним общим транспортным средством – конвейером; за время технологической паузы погрузка горной массы не производится, часть конвейера освобождается от груза, поэтому между двумя потоками горной массы различного качества всегда будет порожняя часть грузовой ветви конвейера [12];

2 – без выдерживания технологических пауз, когда погрузка в транспортное средство осуществляется, чаще всего, непосредственно в забое при отбойке полезного ископаемого и формировании потока, например в подготовительном забое с погрузкой горной массы в самоходный вагон, вагонетку, ленточный конвейер и т.д. [7];

3 – магнитной сепарацией горной массы, когда поток делят по магнитным свойствам содержащихся в нем компонентов с последующей погрузкой в различные транспортные средства [3, с. 449];

4 – по качественному составу горной массы, когда качественный состав угля контролируют, например, рентген-радиометрическим методом [3, с. 453];

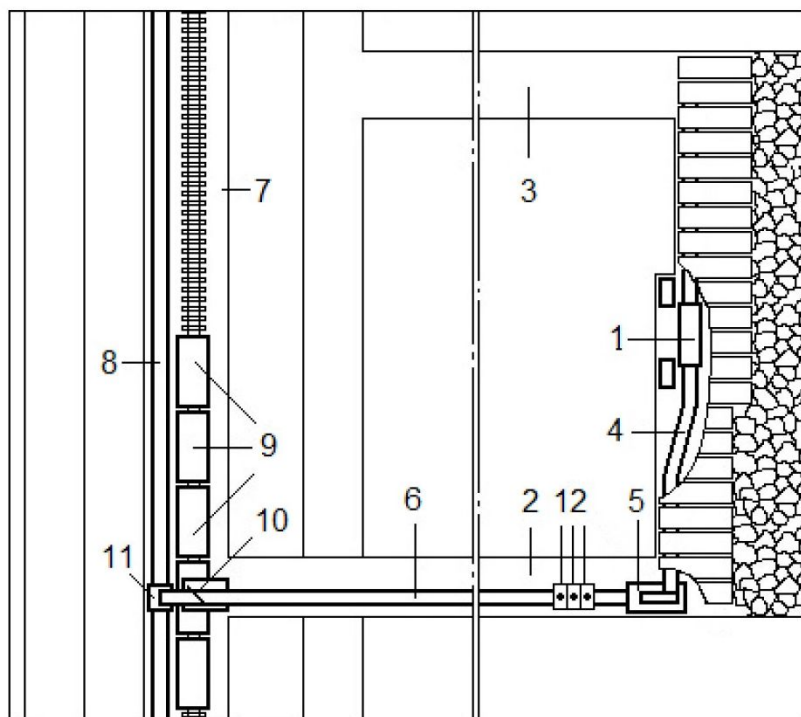
5 – по видимым различиям, например, по цвету горной массы.

**Ф<sub>8</sub>** – место в шахте, где производится разделение потоков горной массы различного состава:

1 – в зоне ведения работ по выемке в момент отделения порции полезного ископаемого от массива с погрузкой в разные транспортные средства, например в вагонетки или самоходный вагон;

2 – на сопряжении участковых выработок, чаще всего – на сопряжении очистного забоя с конвейерным штреком путем перегрузки горной мас-





1 – очистной комбайн; 2 – конвейерный штрек; 3 – вентиляционный штрек; 4 – скребковый конвейер (забойный); 5 – перегружатель; 6 – участковый ленточный конвейер (штрековый); 7 – конвейерный уклон; 8 – магистральный ленточный конвейер; 9 – рельсовый транспорт; 10 – плужковый сбрасыватель; 11 – загрузочное устройство; 12 – датчики контроля состава горной массы

Рис. 1. Технологическая схема селективной выемки пластовых полезных ископаемых  
Fig. 1. Technological scheme of selective mining of formation minerals

сы разного состава в определенные транспортные средства, например, с забойного конвейера на штрековый ленточный конвейер и вагонетки [3, с. 456];

3 – на сопряжении участковой выработки с магистральной, где осуществляется пересып потоков горной массы в различные средства магистрального транспорта [3, с. 447, 453];

4 – в участковой выработке, когда осуществляется пересып горной массы с общего транспортного средства в индивидуальное, что возможно устроить в любом месте по длине участковой выработки [3, с. 453].

Поясним принцип систематизации на примере технологической схемы селективной выемки пластовых полезных ископаемых, приведенной на рисунке 1 [3, с. 443]. Слои включают полезные ископаемые различного вещественного состава, при смешивании которых качество деградирует. Селективную выемку организуют с целью снижения разубоживания потока с более ценным полезным ископаемым ( $\Phi_{11}$ ). Очистной комбайн в длинном очистном забое ( $\Phi_{22}$ ), двигаясь по ставу забойного конвейера, послойно отбивает полезное ископаемое, при этом за один проход комбайна

вдоль лавы образуется поток отбитой горной массы определенного вещественного состава ( $\Phi_{32}$ ). За несколько проходов (два и более) вдоль очистного забоя комбайн обрабатывает пласт на всю мощность без присечки вмещающих пород ( $\Phi_{41}$ ). Очистной комбайн – двух-шнестовый ( $\Phi_{52}$ ). Слои различных полезных ископаемых отличаются по цвету, т. е. между ними имеется видимая граница ( $\Phi_{61}$ ). Поскольку комбайн ведет погрузку отбитой горной массы только на забойный конвейер, то после выемки одного слоя выдерживают технологическую паузу для того, чтобы забойный конвейер очистился от транспортируемой горной массы первого слоя, т.е. разделение потоков осуществляется выдерживанием технологической паузы ( $\Phi_{71}$ ). Так как пласт отрабатывается послойно, то местом разделения потоков горной массы различного состава является очистной забой ( $\Phi_{81}$ ). Таким образом, данная технологическая схема описывается следующей структурной формулой:

$$K_1 = (\Phi_{11}, \Phi_{22}, \Phi_{32}, \Phi_{41}, \Phi_{52}, \Phi_{61}, \Phi_{71}, \Phi_{81}).$$

Этот же рисунок иллюстрирует другую технологическую схему, предназначенную для селективной выемки угля с повышенными содержания-

ми, например, радиоактивных элементов [3, с. 453]. В этой технологической схеме селективная выемка организуется для добычи сырья для извлечения ценных компонентов ( $\Phi_{12}$ ). Очистной комбайн в длинном очистном забое ( $\Phi_{22}$ ), двигаясь по стволу забойного конвейера, отбивает уголь по всей мощности пласта ( $\Phi_{31}$ ). Технология не предусматривает выпуска угля подкровельной пачки, работы ведутся без присечки вмещающих пород ( $\Phi_{41}$ ). Очистной комбайн двух-шнековый – ( $\Phi_{52}$ ). Так как пласт отрабатывается на всю мощность за один проход комбайна, то поток горной массы содержит уголь и ценные компоненты –  $\Phi_{65}$ . На конвейерном штреке над конвейером монтируют излучатели и датчики контроля состава горной массы, находящейся на ленте конвейера. Эти датчики настраивают на идентификацию определенного вида ценных химических элементов и связывают с исполнительными устройствами, например, с плужковым сбрасывателем, установленным на сопряжении участковой выработки с магистральной или в любом другом месте, где устраивают узел разделения потоков. При срабатывании датчика, идентифицирующего повышенную концентрацию ценного химического элемента ( $\Phi_{74}$ ), плужковый сбрасыватель опускается до уровня грузонесущей ленты конвейера и сбрасывает часть горной массы с ленты конвейера ( $\Phi_{83}$ ) в другое транспортное средство. Структурная формула, описывающая такую технологическую схему селективной выемки, выглядит следующим образом:

виями разработки пласта. Выбор рационального варианта технологической схемы осуществляется методом аналогий путем переноса подходящего значения признака в заданные условия.

Рассмотрим выбор технологической схемы, например, разработки мощного пологого пласта с выдержанной гипсометрией, но изрезанного диагональными пережимами в породах кровли, обуславливающими изменение мощности от 4 до 6 м, и содержащего радиоактивные элементы, например уран (U), в прикровельной пачке пласта между соседними пережимами в промышленных концентрациях на извлечение (рис. 2).

Поскольку U – это ценный химический элемент, то целью селективной технологии может стать попутная добыча сырья для извлечения ценных компонентов, т.е.  $\Phi_{12}$ .

Так как пласт обладает выдержанной гипсометрией и имеет минимальную мощность 4 м, то эффективна традиционная система разработки «Длинные столбы по простиранию» с использованием средств комплексной механизации, т.е. в длинном очистном забое ( $\Phi_{22}$ ). При этом для поддержания очистного забоя могут быть использованы секции механизированной крепи высотой 4 м с устройством выпуска угля. В этом случае пласт будет разрабатываться на всю мощность с выпуском угля подкровельной толщи –  $\Phi_{34}$ .

При отсутствии ценных химических элементов в породах кровли, почвы или пропластков выемка угля может вестись без присечки вмещаю-



Рис. 2. Разрез пологого пласта по линии простирания  
Fig. 2. Section of a flat seam along the line of strike

$$K_2 = (\Phi_{12}, \Phi_{22}, \Phi_{31}, \Phi_{41}, \Phi_{52}, \Phi_{65}, \Phi_{74}, \Phi_{83}).$$

Количество возможных вариантов технологических схем определяется из выражения:

$$|M(S)| \leq \prod_{i=1}^8 \Phi_i$$

где  $\Phi_i$  – число реализаций  $i$ -го признака,  $i = 1-8$  (см. табл.). Полное множество вариантов составит 40000.

Однако реальное число вариантов значительно меньше в силу того, что некоторые варианты реализации признаков не совместимы с горно-геологическими и/или горнотехническими усло-

щих пород –  $\Phi_{41}$ .

Традиционным средством механизации отбойки угля в комплексно-механизированном очистном забое является шнековый комбайн, поэтому –  $\Phi_{52}$ .

Так как ценный химический элемент сконцентрирован в подкровельной пачке, то при выборе способа разграничения горных пород при отбойке останавливаемся на  $\Phi_{65}$  – без разграничения в силу того, что границы не выявлено.

Повышенную концентрацию урана в горной массе, поступающей из подкровельной толщи при выпуске, можно выявить радиометрическим методом, т.е. по контролю состава ( $\Phi_{74}$ ).

Разделение потока горной массы можно осу-



ществить как на сопряжении участковой выработки с магистральной (тогда это  $\Phi_{83}$ ), так и в участковой выработке, в любом месте по ее длине (тогда это  $\Phi_{84}$ ).

В итоге структурные формулы требуемой технологической схемы будут иметь вид:

$$K_3=(\Phi_{12}, \Phi_{22}, \Phi_{34}, \Phi_{41}, \Phi_{52}, \Phi_{65}, \Phi_{74}, \Phi_{83})$$

и

$$K_4=(\Phi_{12}, \Phi_{22}, \Phi_{34}, \Phi_{41}, \Phi_{52}, \Phi_{65}, \Phi_{74}, \Phi_{84}).$$

Окончательное принятие решения зависит от привязки схемы к реальной транспортной сети шахты. Предпочтительным является вариант  $K_3$ . Это связано с тем, что в шахте в магистральных выработках наряду с магистральным конвейером всегда укладывают железнодорожные пути, которые используют для организации вспомогательного транспорта. Затем производят подбор средств механизации, обеспечивающих реализацию за-

данных признаков. Например, при разработке мощного пологого пласта с выпуском угля подкровельной толщи могут быть использованы механизированные крепи с устройствами выпуска на забойный конвейер [12].

Систематизация технологических схем подземной селективной выемки угольных пластов показала разнообразие существующих технологических схем. Она позволяет обобщить накопленный опыт, группировать технологии по определенным признакам (цель, длина очистного забоя, деление пласта по мощности на слои, присечка вмещающих пород, способ разграничения горных пород при их отбойке, место и способ разделения потоков горной массы в шахте) и, в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий разработки пласта, методом аналогии выбрать наиболее рациональный вариант..

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Potential of Metal Recovery from Coal Combustion Products. Leaching of Selected Elements / Bradlo D., Żukowski W., Czupryński P., Witkowski K. Part II. Journal of the Polish Mineral Engineering Society, 2015, JANUARY–JUNE, pp. 163-170.
2. New data on mineralogy and geochemistry of high-Ge coals in the Yimin coalfield, Inner Mongolia, China / Li J., Zhuang X., Querol X., Font O Izquierdo M., Wan Z. International Journal of Coal Geology 125 (2014) pp. 10–21.
3. Геохимическое и геотехнологическое обоснование новых направлений освоения угольных месторождений Кузбасса / Б.Ф. Нифантов, В.Б. Артемьев, С.В. Ясученя, Б.А. Анферов, Л.В. Кузнецова. – М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2014. – 536 с.
4. Selective mining technique for thin coal seams: monograph / V.I. Buzilo [and other]. Ministry of Education and Science of Ukraine; National Mining University. – D.: NMU, 2015. – 131 p.
5. Арпабеков, М.И. Математическая модель движения манипулятора и его рабочего органа выемки угля в очистном забое / М.И. Арпабеков, Т.Е. Ермеков // Велихановские чтения - 2017: Мат. Междунар. науч.-практич. конф. – Кокшетау, 2017. – 316 с., Т.8. – С. 143-147.
6. Ермеков, Т.Е. Основы создания роботизированных комплексов для селективной выемки локальных и забалансовых участков угольных пластов / Т.Е. Ермеков, М.И. Арпабеков. – Астана: ИИО ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2013. – 255 с.
7. Петровский, Б.И. Технологические схемы и средства механизации для отработки Третьего калийного пласта Старобинского месторождения в сложных горно-геологических условиях / Б.И. Петровский [и др.].
8. Кузнецова, Л.В. Информационно-логическая систематизация и совершенствование технологий разработки угольных пластов / Л.В. Кузнецова, Б.А. Анферов. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2001. – 151 с.
9. Шоланов, К.С. Технологические схемы роботизированного комплекса для безотходной экологически чистой селективной выемки / К.С. Шоланов [и др.] // Горный журнал Казахстана. – 2010. – № 2. – С. 30-32.
10. Сарычев, В.И. Селективная отработка участков шахтных полей с ограниченными запасами в подмосковном угольном бассейне / В.И. Сарычев, Г.Г. Рябов, С.Л. Сушков // Известия Тульского Государственного университета. Науки о Земле. – 2014 г. № 4. – С. 109-122.
11. Wan, L. Study on selective mining of coal and gangue and strip-filling technology for thin seam / L. Wan [and other] // Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research 2014 Volume (issues) 32(1): 7-12.
12. Клишин, В.И. Селективная разработка угольных пластов с ценными химическими элементами / В.И. Клишин, Б.А. Анферов, Л.В. Кузнецова // Горный журнал. 2017. – № 9. – С. 71-76. DOI 10.17580/gzh.2017.09.13.
13. Бурошнековий способ выемки тонких рудных пластов. Сайт «Все о горном деле. Добывающая промышленность».

14. Король, В.В. Струговая выемка. Состояние и перспективы. Международная техническая интернет-конференция.
15. Луганцев, Б.Б. Перспективные технология и техника для отработки выбросоопасных угольных пластов со сложными горно-геологическими условиями / Б.Б. Луганцев, А.Н. Аверкин // Уголь. – 2011. – № 12. – С. 11-13.
16. Прибор управления MARCO нового поколения. Сайт. URL: <https://www.marco.de/?language=en> (Дата обращения 08.02.2018 г.).

## REFERENCES

1. Potential of Metal Recovery from Coal Combustion Products. Leaching of Selected Elements / Bradlo D., Żukowski W., Czupryński P., Witkowski K. Part II. Journal of the Polish Mineral Engineering Society, 2015, JANUARY–JUNE, pp. 163-170. New data on mineralogy and geochemistry of high-Ge coals in the Yimin coalfield, Inner Mongolia, China / Li J., Zhuang X., Querol X., Font O Izquierdo M., Wan Z. International Journal of Coal Geology 125 (2014) pp. 10–21.
2. Geokhimicheskoe i geotekhnologicheskoe obosnovanie novykh napravleniy osvoeniya ugol'nykh mestorozhdeniy Kuzbassa [Geochemical and Geotechnological Substantiation of New Ways of Mastering of Kuzbass Coal Deposits] / B. F. Nifantov, V. B. Artemev, S. V. YAsyuchenya, B.A. Anferov, L.V. Kuznetsova. Moscow: Izdatel'stvo «Gornoe delo» OOO «Kimmerijskij centr», 2014. Vol. 8, Book 2. 536 p.
3. Selective mining technique for thin coal seams: monograph / V.I. Buzilo [and other]. Ministry of Education and Science of Ukraine; National Mining University. – D.: NMU, 2015. – 131 p.
4. Arpabekov, M.I. Matematicheskaja model' dvizhenija manipuljatora i ego raboche-go organa vyemki uglja v ochistnom zaboe [Mathematical model of movement of the manipulator and its working body of coal excavation in the working face] / M.I. Arpabekov, T.E. Ermekov // Velihanovskie chtenija - 2017: Mat. Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. [Materials of the International Scientific and Practical Conference] – Kokshetau, 2017. – 316 p., Vol. 8. – P. 143-147.
5. Ermekov, T.E. Osnovy sozdaniya robotizirovannykh kompleksov dlja selektivnoj vyemki lokal'nyh i zabalansovyh uchastkov ugol'nyh plastov [Basics of creating robotic complexes for selective excavation of local and off-balance areas of coal seams] / T.E. Ermekov, M.I. Arpabekov. – Astana: IIO ENU im. L.N. Gumileva, 2013. – 255 p.
6. Petrovskij, B.I. Tehnologicheskie shemy i sredstva mehanizacii dlja otrabotki Tret'ego kalijnogo plasta Starobinskogo mestorozhdenija v slozhnyh gorno-geologicheskikh uslovijah [Technological schemes and means of mechanization for working off the Third potash stratum of the Starobinsky deposit in difficult mining and geological conditions] / B.I. Petrovskij [and other].
7. Kuznetsova, L.V. Informacionno-logicheskaja sistematizacija i sovershenstvovanie tehnologij razrabotki ugol'nyh plastov [Infological Systematization and Perfection of Coal Seams Mining Technologies] / L.V. Kuznetsova, B.A. Anferov. – Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2001.–151 p.
8. Sholanov, K.S. Tehnologicheskie shemy Robotizirovannogo kompleksa dlja bez-othodnoj jekologicheski chistoj selektivnoj vyemki [Technological Schemes of the Robotic Complex for a Non-waste, Environmentally Friendly Selective Mining] / K.S. Sholanov [and other] // Gornyj zhurnal Kazakhstana [Mountain Journal of Kazakhstan]. – 2010. – No 2. – P. 30-32.
9. Sarychev, V.I. Selektivnaja otrabotka uchastkov shahitnyh polej s ogranichenymi zapasami v podmoskovnom ugol'nom bassejne [Selective mining of sites of mine fields with limited reserves in the Podmoscow coal basin] / V.I. Sarychev, G.G. Rjabov, S.L. Sushkov // Izvestija Tul'skogo Gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle [News of Tula State University. Earth sciences]. – 2014. - No 4. – P. 109-122.
10. Wan, L. Study on selective mining of coal and gangue and strip-filling technology for thin seam / L. Wan [and other] // Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research 2014 Volume (issues) 32(1): 7-12.
11. Klishin, V.I., Selektivnaja razrabotka ugol'nyh plastov s cennymi himicheskimi elementami [Selective mining in coal beds with chemical elements of high value] / V.I. Klishin, B.A. Anferov, L.V. Kuznetsova // Gornyj zhurnal [Mining Journal]. – 2017. – No 9, P. 71-76. DOI 10.17580/gzh.2017.09.13.
12. Buroshnekovyj sposob vyemki tonkih rudnyh plastov. Sajt «Vse o gornom dele. Dobывajushhaja promyshlennost'» [The drill-hole method of excavating thin ore seams. The site "Everything About the Mining. Mining Industry"].
13. Korol', V.V. Strugovaja vyemka. Sostojanie i perspektivy. Mezhdunarodnaja teh-nicheskaja internet-konferencija. URL: <http://kadastr.org/conf/2012/pub/tehprir/strugovaya-vyemka.htm> (accessed: 07.02.2018).
14. Lugancev, B.B. Perspektivnye tehnologija i tehnika dlja otrabotki vybrosopasnyh ugol'nyh plastov so slozhnymi gorno-geologicheskimi uslovijami [Perspective technologies and techniques for working out of ejection



tive-dangerous coal seams with complex mining-geological conditions] / B.B. Lugancev, A.N. Averkin // Ugol' [Coal]. – 2011. – No 12. – P. 11-13.

15. Pribor upravljenja MARCO novogo pokolenija. Sajt. [The new generation MARCO control device. Site]. URL: <https://www.marco.de/?language=en> (accessed: 08.02.2018).

Поступило в редакцию 16.02.2018

Received 16.02.2018