

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.33

Б.А. Анферов, Л.В. Кузнецова, Б.Ф. Нифантов

КОМБИНИРОВАННАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПОПУТНЫМ ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ

Возможность эффективного и экологически безопасного освоения угольного месторождения предполагает, наряду с определением качества угля, оценку содержания в нем и в отходах переработки ценных и токсичных компонентов [1].

В настоящее время из углей и угольных отходов попутно извлекают только германий и золото. Разработаны технологии извлечения галлия, скандия, урана, иттрия, редкоземельных и других металлов.

Другой немало важный аспект – добыча попутного метана, которая позволит вовлечь в хозяйственный оборот нетрадиционные ресурсы газового топлива, снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, повысить безопасность добычи угля.

Однако, как показывает опыт, осуществить комплексное освоение угольных месторождений невозможно применением традиционных физико-технических геотехнологий, которые не предусматривают технологические процессы добычи попутных компонентов и утилизацию или рециклинг вредных.

Авторы предлагают комбинированную геотехнологию комплексного освоения угольного месторождения или его отдельного участка с запасами, не пригодными для добычи угля традиционной физико-технической геотехнологией.

Под комбинированной геотехнологией понимается сочетание различных процессов и методов физико-технической и физико-химической (подземное выщелачивание и газификация) геотехнологий в определенной последовательности с разделением или объединением их во времени и пространстве [2].

На первом этапе угольное месторождение делят на выемочные блоки ограниченных размеров (рис. 1) [3]. Намечают очередь отработки блоков в месторождении с условием, чтобы между блоками, вовлеченными в отработку, всегда находился бы один или два блока еще не вовлеченных в отработку или уже отработанных.

На приведенной схеме очередность вовлечения блоков в отработку показана римскими цифрами.

Вовлечение в отработку блоков начинают с

физико-технического этапа – предварительной дегазации угольных пластов.

Бурение дегазационных скважин осуществляют с поверхности, например в блоке I.

Скважины бурят по всей площади блока на расстоянии друг от друга, зависящем от природной газоносности угольных пластов.

Затем работы по бурению скважин переносят на II блок, а в блоке I проводят работы по дегазации угольных запасов с применением стимулирования метаноотдачи.

По окончании указанных работ в блоках I и II их в том же порядке переносят в блоки III и II, а в I-ом блоке приступают к реализации физико-химической геотехнологии – подземной газификации.

Для этого дегазационные скважины по угольному пласту попарно сбивают между собой и делят их на дутьевые 1 и газоотводные 2.

Затем разжигают газогенераторы и производят подземную газификацию угля (ПГУ) с выдачей на поверхность продуктов подземной газификации.

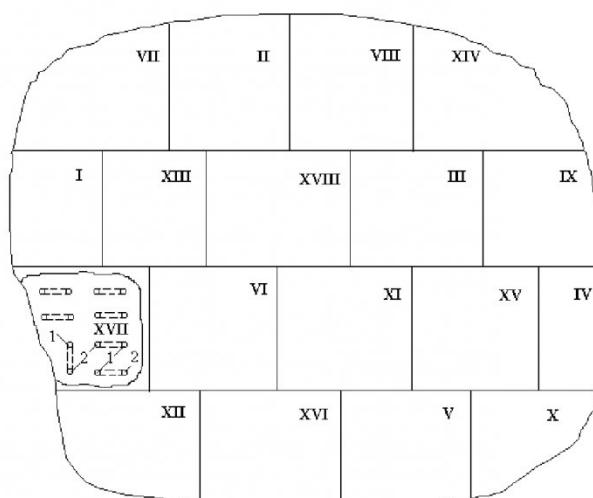


Рис. 1. Схема деления месторождения на выемочные блоки и порядок вовлечения их в отработку: 1, 2 – скважины; I-XVI – очередность вовлечения блоков в отработку

Таблица 1. Содержания элементов-примесей в углях

Элемент	Содержание, г/т	Максимальное содержание, г/т	Марки углей	Стоимость товарной продукции, \$/кг	Источник информации
As*	77,1	1000,0	СС, Т	500	[1]
Hg*	0,2	5,5	СС, Т	30	[1]
Se*	0,5	н.д.	СС, Т	90	[1]
Re	4,0	20	Б, А	2000	[4]

^{*}) – в углях Кузбасса

При подземной газификации некоторые ценные и токсичные элементы-примеси угля будут содержаться в полученном сыром газе, например, ртуть (Hg), мышьяк (As), селен (Se) и рений (Re) (табл. 1), попутное получение которого рассматривается ниже.

При сжигании углей из-за высокой летучести рений практически полностью переходит в газовую фазу, что представляет промышленный интерес для его попутного извлечения. Рений использует

зуется при изготовлении платинорениевых катализаторов, вольфрамо-рениевых термопар, нитей накала в масс-спектрометрах и иных манометрах, реактивных двигателях.

Для попутного извлечения рения предлагается следующая технология [5].

Горячие продукты ПГУ из скважины 1 по трубопроводу 2 поступают в теплообменный аппарат 3, где отдают часть теплоты воде системы теплоснабжения Т1-Т2 (рис. 2).

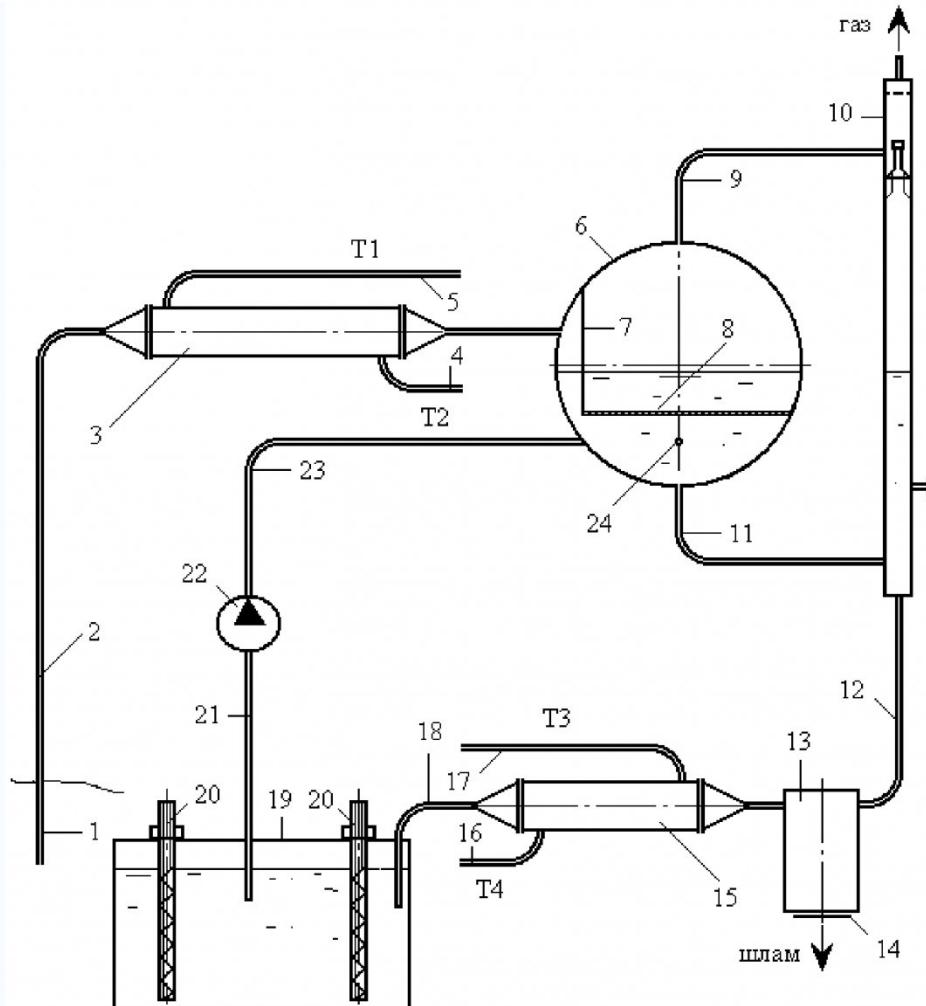


Рис. 2. Технологическая схема попутной добычи рения при ПГУ

1 – газоотводная скважина ПГУ; 2, 4, 5, 9, 11, 12, 16, 17, 21, 23; – трубопроводы; 3, 15 – теплообменные аппараты; 6 – цилиндрическая емкость; 7 – глухой щит; 8 – дырчатый щит; 10 – газовое пространство циклона; 13 – осадитель; 14 – съемное донышко; 18 – теплоноситель; 19 – электролизная ванна; 20 – электроды; 22 – насос; 24 – патрубок

Таблица 2. Составляющие комбинированной геотехнологии комплексного освоения угольного месторождения

Комбинированная геотехнология				
Составляющие	физико-техническая геотехнология		физико-химическая геотехнология	
Этапы	предварительная дегазация	закладка выработанного пространства	подземная газификация	выщелачивание
Получаемые компоненты или результат	метан	заполнение подземных пустот	продукты газификации; рений	ценные и / или токсичные элементы
Эффект	снижение экологической нагрузки; дополнительный энергетический потенциал	снижение экологической нагрузки; утилизация отходов; утилизация выработанного пространства	вовлечение в огработку некондиционных запасов угля; дополнительный энергетический потенциал	металлургическое и химическое сырье; снижение экологической нагрузки

Охлажденные до температуры не ниже температуры конденсации окислов рения продукты ПГУ по трубопроводу поступают в емкость 6 в пространство между ее стенкой и глухим щитом 7. Глухой щит 7 направляет газовый поток в водное пространство емкости 6 под погружной дырчатый щит 8 на промывку.

За счет наличия большого количества отверстий малого диаметра щит 8 распределяет газовый объем по всей своей площади и пропускает его к поверхности воды маленькими пузырьками, увеличивая тем самым площадь контакта газа с водой.

Пройдя к поверхности через слой воды над дырчатым щитом 8, газ охлаждается до температуры значительно ниже температуры конденсации окислов рения. При этом регулирование температуры охлаждения газа может быть осуществлено, как за счет изменения температуры воды в емкости, так и за счет изменения толщины ее слоя над щитом 8.

При промывке газа в воде остаются механические примеси и растворяются окислы рения, образуя ренийсодержащий раствор.

Пройдя к поверхности воды, газ образует кипящий слой, выделяющий в газовое пространство емкости 6 некоторое количество водяного пара, который способствует растворению в нем окислов рения, не растворившихся в воде. Влажный газ по трубе 9 поступает в циклон 10, где происходит осушение газа. Далее осушенный газ направляют потребителю.

Ренийсодержащий раствор из емкости 6 по трубопроводу 11 поступает в циклон 10, где смешивается с аналогичным раствором, полученным при сепарации влажного газа.

Далее ренийсодержащий раствор по трубопроводу 12 поступает в осадитель 13, где за счет разности в поперечном сечении из потока выделяются механические примеси, оседая на дне осадителя.

Очищенный ренийсодержащий раствор поступает в теплообменный аппарат 15, трубами 16 и 17 включенный в систему, например, горячего водоснабжения ТЗ-Т4, где охлаждается до температуры ниже температуры кипения при атмосферном давлении.

После теплообменника 15 охлажденный ренийсодержащий раствор направляют на извлечение рения одним из известных способов, например электролизом. Для этого по трубопроводу 18 ренийсодержащий раствор направляют в электролизную ванну 19 с электродами 20. Из этой же ванны по трубопроводам 21 и 23 технологическая вода насосом 22 подается в водное пространство емкости 6.

При многократном прохождении ренийсодержащего раствора по циркуляционному контуру «электролизная ванна – емкость – циклон – осадитель» концентрация соединений рения в нем непрерывно растет и в какой-то момент времени становится достаточной для выделения рения методом электролиза.

Для этого к электродам 19 электролизной ванны 18 подводят электрический ток, за счет чего на одном из электродов происходит отложение рения.

По окончании ПГУ в I-ом блоке, этот процесс переносят во II-й блок, а в I-ом – осуществляют тушение газогенераторов заполнением выработанного пространства водным раствором реагентов, начиная тем самым следующую стадию – выщелачивание.

Дело в том, что в результате выгорания угля образуются золошлаковые остатки и термально метаморфизованные породы, содержащие ценные и (или) токсичные химические элементы. ПГУ – экологически опасный процесс по загрязнению подземных вод и пород фенолами, бензапиреном, другими органическими и неорганическими продуктами сгорания.

Кроме того, они опасны активацией геохи-

мической подвижности токсичных кислородных и других соединений Be, P, S, V, Co, Cd, Mn, As, Ni, Hg, Pb, Se, Sb, Tl, Zn, F, Cr, Cl, Th, U, которые будут «выигрывать» из угля и вмещающих пород. В области горения произойдет концентрирование элементов с образованием растворимых органических, металлогорганических и неорганических химических продуктов [6].

Для подачи водного раствора реагентов в выработанное пространство используют имеющиеся скважины 1 и 2.

На следующей стадии в блоке I осуществляют откачивание продуктивного раствора и подачу его на экстракцию ценных и (или) токсичных химических элементов с последующей передачей токсичных элементов на переработку – рециклинг.

На заключительной стадии работ в блоке I производят подачу по тем же скважинам жидкого подвижного закладочного материала, например, отходов обогащения или извлеченной породы, заполняющего выработанное пространство блока, т.е. осуществляют закладку образовавшихся в недрах пустот или консервацию блока. В блоке II в это время осуществляют откачивание продуктивного раствора, в блоке III – тушение подземных газогенераторов, в блоке IV – подземную газификацию, в блоке V – дегазацию, а в блоке VI ведут

подготовительные работы – бурение дегазационных скважин.

Деление месторождения по площади на выемочные блоки и установление очередности их вовлечения в отработку позволяет вести комплексное освоение угольного месторождения путем совмещения во времени производство различных процессов и методов физико-технической и физико-химической геотехнологий с разделением их в пространстве (табл. 2).

В совокупности получение дегазационного метана, теплоносителя с заданными параметрами, продуктов газификации и извлечение ценных компонентов из продуктов ПГУ (например, рения), золошлаковых остатков и термально метаморфизованных пород повышает эффективность освоения угольного месторождения; извлечение для утилизации или рециклинга токсичных компонентов и закладка выработанного пространства снижают экологическую нагрузку на природную среду.

Таким образом, комбинирование различных процессов и методов физико-технической и физико-химической геотехнологий с их разделением или объединением во времени и пространстве позволяет вести комплексную разработку угольного месторождения или его отдельного участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Угольная база России. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – Т. II. – 604 с.
2. Анферов Б.А., Кузнецова Л.В. Проблемы и перспективы комплексного освоения угольных месторождений Кузбасса. – Кемерово: ИУУ СО РАН, 2009. – 243 с.
3. Пат. 2370643 Российской Федерации, Способ комплексного освоения угольного месторождения / Л.В. Кузнецова, Б.Ф. Нифантов, Б.А. Анферов; заявитель и патентообладатель ИУУ СО РАН. № 2008114684 03; заявл. 14.04.2008; опубл. 20.10.2009, Бюл. № 29. – 5 с.: ил.
4. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 655 с.
5. Анферов Б.А., Кузнецова Л.В. Способ комплексного освоения угольного месторождения. Положительное решение ФИПС по заявке на выдачу патента РФ № 2009108240.
6. Нифантов Б. Ф. Геологические аспекты эффективного развития добывающей промышленности в Кузбассе // Геомеханика и технологическое развитие подземной угледобычи в Кузбассе. – Кемерово: ИУУ СО РАН, 2004. – С. 58-82.

Авторы статьи:

Анферов
Борис Алексеевич
– канд. техн. наук, с. н. с. лаборатории геотехнологии освоения угольных месторождений Института угля и углехимии СО РАН, доц. кафедры стационарных и транспортных машин КузГТУ
Тел.: 8-906-989-5508.

Кузнецова
Людмила Васильевна
– канд. техн. наук, с. н. с. лаборатории геотехнологии освоения угольных месторождений Института угля и углехимии СО РАН
Email: : lvk@icc.kemsc.ru

Нифантов
Борис Федорович
– канд. геол.-минерал. наук, с. н. с. лаборатории геотехнологии освоения угольных месторождений Института угля и углехимии СО РАН
Тел.: 8-905-906-0610.