

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРУТОНАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Б. А. Анфёров, Л. В. Кузнецова

Reducing the negative impact on the natural environment during steeply inclined coal seams

B. A. Anferov, L. V. Kuznetsova

In order to reduce the negative impact on the environment in the development of steeply inclined coal seams authors propose to replace the open method of coal mining to a combined (open-underground). The technology is designed for the development of coal-beds of medium power (2.2 m) and powerful. The authors propose opening the deposit by open way by conducting cutting slanted trench from the work area located in the zone of the layers outputs to the drifts; and preparation of coal seams by carrying by rock of sloping production, layer chambers, and crosscuts or connections. Development is carried out by underground methods by mobile means of mechanization in excavation chambers. Opening and preparation of a single layer is carried out by an individual scheme, a formation of layers – according to the group scheme. For conducting of preparatory and cleaning work using the same set of equipment, which includes selective roadheader, self-propelled carriage, hopper loader, a telescopic belt conveyor. The load on the working face will be up to 400 tons of coal per shift. In order to intensify the cleaning works in the career field one can simultaneously launch multiple excavation sites running.

The proposed technology will reduce the negative impact on the environment. Compared to open-pit mining method the developed variant does not require large land area taken under the career field and piles of rocks. Due to the minimum volumes of overburden works and disposal of rocks, the mined-out space provides preservation of the natural landscape areas, a significant reduction of ground capacity in mining operations and minimal volume of the subsequent land disturbance. In addition, due to involvement of thin layers in the development, which usually cannot be removed in the open method of production, the completeness of extraction of coal from the bowels will increase.

Keywords: Kuznetsk coal basin; coal deposit; steeply inclined seams; coal mining; open way; combined method; environmental management; land disturbance.

С целью снижения негативного воздействия на окружающую природную среду при разработке крутонаклонных угольных пластов авторами предлагается заменить открытый способ добычи угля на комбинированный (открыто-подземный). Технология предназначена для разработки угольных пластов средней мощности (от 2,2 м) и мощных. Вскрытие месторождения осуществляется открытым способом с помощью проведения разрезной наклонной траншеи с рабочей площадки, расположенной в зоне выходов пластов под наносы. Подготовка угольных пластов – путем проведения по породе наклонной выработки, слоевых камер и квершлагов или сбоек. Разработка осуществляется подземным способом мобильными средствами механизации в выемочных камерах. Вскрытие и подготовка одиночного пласта осуществляются по индивидуальной схеме, свиты пластов – по групповой схеме. Для ведения подготовительных и очистных работ используется один и тот же комплект оборудования, в состав которого входят: проходческий комбайн избирательного действия, самоходный вагон, бункер-перегрузчик, телескопический ленточный конвейер. Нагрузка на очистной забой составит до 400 т угля в смену. С целью интенсификации очистных работ в карьерном поле могут одновременно работать несколько выемочных участков. Преложенная технология позволит снизить негативное воздействие на окружающую природную среду. По сравнению с открытым способом добычи в разработанном варианте не требуется большой площади земель, отчуждаемых под карьерное поле и отвалы пород. За счет минимальных объемов вскрышных работ и утилизации породы в выработанном пространстве обеспечиваются: сохранение природного ландшафта территории, значительное снижение землеёмкости ведения горных работ и минимальные объемы последующей рекультивации нарушенных земель. Кроме того, за счет вовлечения в разработку маломощных пластов, которые обычно при открытом способе добычи не вынимаются, увеличится полнота извлечения угля из недр.

Ключевые слова: Кузнецкий угольный бассейн; угольное месторождение; крутонаклонные пласты; добыча угля; открытый способ; комбинированный способ; рациональное природопользование; нарушение земель.

Открытый способ добычи угля занимает лидирующее место в мире, и его доля продолжает неуклонно расти. Так, например, в 2015 г. в России было добыто 373 млн т, из них 71 % – открытым способом [1]. В США этот показатель составляет более 70 %, в Индии и Австралии – более 80 % [2]. Однако, несмотря на высокую эффективность по сравнению с подземным способом добычи, такое природопользование является нерациональным. Многолетние исследования научных сообществ показали, что открытый способ добычи угля является одним из самых грязных и самых разрушительных процессов, приводящих к деградации земель, уничтожению флоры и фауны, нарушению гидрологического режима поверхностных и подземных вод [3, 4]. При добыче 1 т угля перемещается 2,4 т вскрышных пород, которые складываются на отвалах [5].

Отчуждение земель (землеёмкость) при добыче 1 млн т угля на разрезах Кузбасса достигает 21 га под карьерное поле и 24 га под отвалоо-

бразование, в среднем нарушается до 50 га поверхности земли [6]. Для сравнения, средняя удельная землеёмкость угледобычи в России составляет 6,7 га на 1 млн т [7]. Ситуация усугубляется при разработке крутонаклонных пластов, которая обычно ведется с использованием углубочной продольной системы разработки. В основу такой системы закладывается развитие горных работ по падению пластов, а приращение рабочей зоны в плане горных работ является производным от первоначального главного развития горных работ по глубине [8]. Это приводит к необходимости размещения пород вскрыши на внешних отвалах за пределами карьерного поля. При таком порядке отработки карьерного поля 33 % площади нарушаемых земель приходится на карьерное поле и 42 % – на внешний отвал. Кроме того, установлено, что землеёмкость добычи находится в обратно пропорциональной зависимости от мощности пласта и прямо пропорциональной – от угла падения пласта [7].

Согласно энергетической стратегии, добыча угля в России к 2030 г. должна достигнуть 425–470 млн т. Основной прирост планируется обеспечить за счет открытого способа, в том числе в Кузнецком угольном бассейне, расширение сырьевой базы которого возможно за счет освоения месторождений Терсинского геолого-экономического района [9, 10]. Эти высококачественные угли пригодны как для коксования, так и для производства синтетического жидкого топлива методом деструктивной гидрогенизации и будут востребованы на рынке. Согласно критериям оценки (зольность, содержание фузинита, показатель отражения витринита, карбоксидное число, химический состав золы) степени пригодности углей для гидрогенизации, представляют интерес пласты геологического участка Кушеяковский-II [11].

В границах участка расположены крутонаклонные (40°–45°) пласты с индексами 58–80. Пласты 58, 59, 67, 69, 70, 74, 75 мощностью от 2,86 до 5,1 м формально пригодны для разработки открытым способом (рис. 1) [12].

Предполагаемые размеры карьерного поля: по простиранию – 3,0–3,5 км, вкрест простирания – 0,8–1,2 км. Площадь поля – 3,1 км². Запасы угля по перечисленным пластам до гор. +100 м – 18,7 млн т.

Применение открытого способа разработки по углубочной продольной системе приведет к ряду негативных экологических последствий и низкой эффективности добычи угля:

- многомиллионные объемы вскрыши (текущий коэффициент вскрыши составит до 22 м³/т), которые необходимо разместить на внешних отвалах;
- отчуждение земель под внешние отвалы, карьерные выработки и инфраструктуру – до 1200 га;
- землеёмкость добычи составит до 64 га/млн т с учетом отвалообразования;
- низкий коэффициент извлечения из-за невозможности подготов-

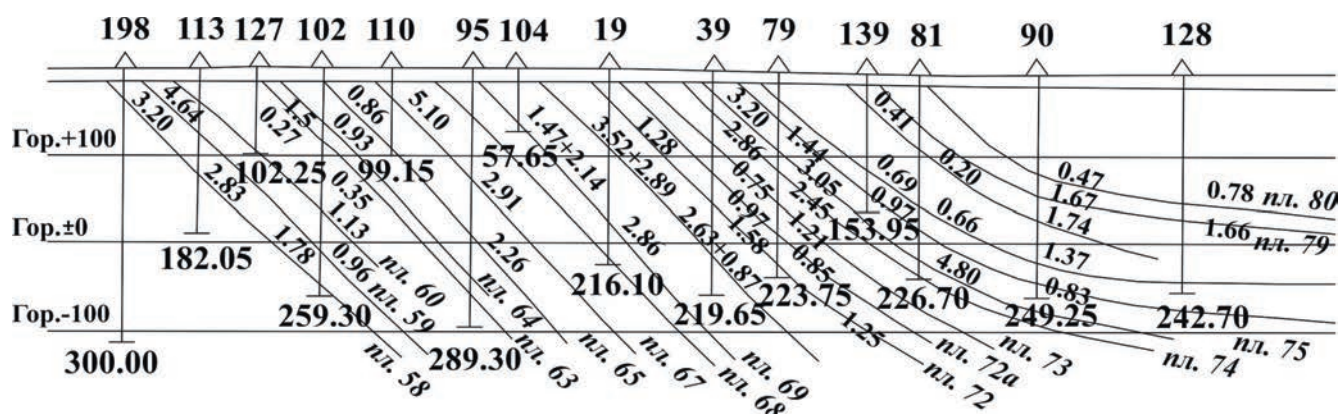


Рисунок 1. Геологический разрез участка Кушеяковский-II по разведочной линии «Кушеяковский профиль» / Figure 1. Geological section of area Kusheyakovsky-II on the survey line «Kusheyakovsky profile».

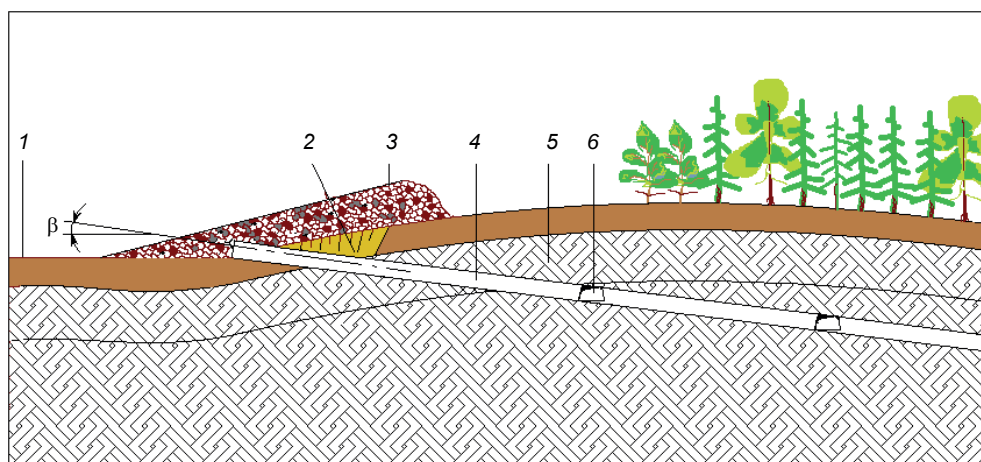


Рисунок 2. Схема вскрытия и подготовки угольного пласта (вертикальный разрез). 1 – рабочая площадка; 2 – наклонная разрезная траншея; 3 – внешний отвал; 4 – наклонная выработка; 5 – зона выветренных горных пород; 6 – горизонтальная слоевая камера / Figure 2. Scheme of dissection and preparation of coal seam (vertical cross-section).

ки маломощных пластов к выемке и случайного характера попадания угольного пласта в экскаваторную заходку.

Авторами предложены технические решения разработки крутонаклонных угольных пластов средней мощности (от 2,2 м) и мощных комбинированным (открыто-подземным) способом. Метод доступа – проведение с поверхности разрезной наклонной траншеи. Подготовка угольного пласта – путем проведения по породе наклонных выработок и квершлага. Разработка осуществляется подземным способом мобильными средствами механизации (проходческий комбайн избирательного действия типа ГПКС, самоходный вагон типа В15К) в слоевых выемочных камерах. Вскрытие и подготовка одиночных пластов осуществляются по индивидуальной схеме, свиты пластов – по групповой схеме.

Комбинированная разработка одиночного крутонаклонного угольного пласта [13]

Обоснование параметров технологии выполнено на примере пласта 58. Запасы угля по пласту мощностью 3,2 м и углом падения $\alpha = 45^\circ$ до горизонта +100 м ориентировочно составляют 1,88 млн т.

На границе горного отвода, сбоку от линии выхода пласта под наносы со стороны почвы располагают горизонтальную рабочую площадку, с которой в наносах проводят наклонную разрезную траншею, переходящую в наклонную выработку в породах почвы (рис. 2). Угол их наклона к горизонту β должен быть не больше допустимого для применяемых средств механизации, в данном случае до 10° , а к линии простирания пласта должен быть равен углу γ , который определяется по формуле:

$$\arcsin \gamma = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Наклонная выработка проводится проходческим комбайном по оси разрезной траншеи до уровня ниже на 4–5 м зоны выветренного угля, где сооружают горизонтальную слоевую камеру I в породах почвы пласта (рис. 3). Наклонную выработку крепят металлической рамной крепью с железобетонной затяжкой. Размеры камеры принимают исходя из условия расстановки и возможности разминки оборудования

(комбайн, вагон, бункер-перегрузчик). В наклонной выработке монтируют став ленточного телескопического конвейера, допускающий продольный наклон става. В слоевой камере устанавливают бункер-перегрузчик.

Из камеры I комбайном проводят криволинейную горизонтальную сбойку с угольным пластом. Разработка пласта осуществляется в горизонтальных выемочных камерах, например, с левого крыла выемочного участка до его границы, при устойчивых породах кровли без крепления; при необходимости – с анкерным креплением. Проветривание выемочной камеры осуществляют при помощи става вентиляционных труб, подвешенного под кровлю выработки и наращиваемого по мере удлинения камеры, и вентилятора местного проветривания. Комбайн грузит отбитый уголь в самоходный вагон, который доставляет его в камеру I и перегружает в бункер-перегрузчик (например, БП-15). Далее уголь по телескопическому ленточному конвейеру (типа ЛТП-80), установленному в наклонной выработке, выдается на поверхность.

На границе выемочного участка очистные работы в левом крыле останавливают, комбайн и самоходный вагон выводят в слоевую камеру I и снова сооружают криволинейную горизонтальную сбойку, но уже в противоположную сторону для выемки угля в правом крыле. После выемки угля в правом крыле из слоевой камеры I удлиняют наклонную выработку до следующего слоя, где сооружают слоевую камеру II и далее аналогично описанному выше, пока глубина разработки не достигнет горизонта +100 м. При этом отбитую породу размещают в выработанном пространстве выемочной камеры предыдущего слоя. Количество слоев выемочного участка составит 18.

Если принять длину выемочного участка по простиранию пласта 200–250 м, то его ширина в плане составит примерно 100 м. Границы выемочного участка должны быть параллельны оси наклонной выработки γ . Тогда количество выемочных участков при длине карьерного поля по простиранию 3500 м может быть 15–16, они могут отрабатываться как одновременно, так и последовательно.

Исходя из технических характеристик средств механизации и схемы раскройки пласта 58 до горизонта +100 м определены технико-эконо-

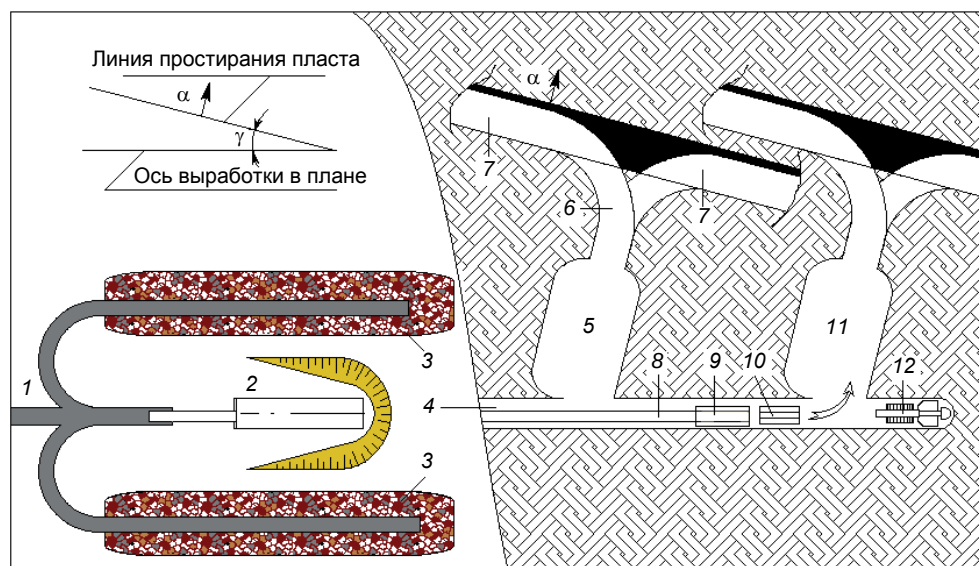


Рисунок 3. Схема вскрытия, подготовки и отработки угольного пласта (вид в плане). 1 – рабочая площадка; 2 – наклонная разрезная траншея; 3 – внешний отвал; 4 – наклонная выработка; 5 – слоевая камера I; 6 – криволинейная горизонтальная сбойка; 7 – выемочная камера; 8 – ленточный телескопический конвейер; 9 – бункер-перегрузчик; 10 – самоходный вагон; 11 – слоевая камера II; 12 – комбайн избирательного действия / **Figure 3. Scheme of opening, preparation and mining of the coal seam (a plan view).**

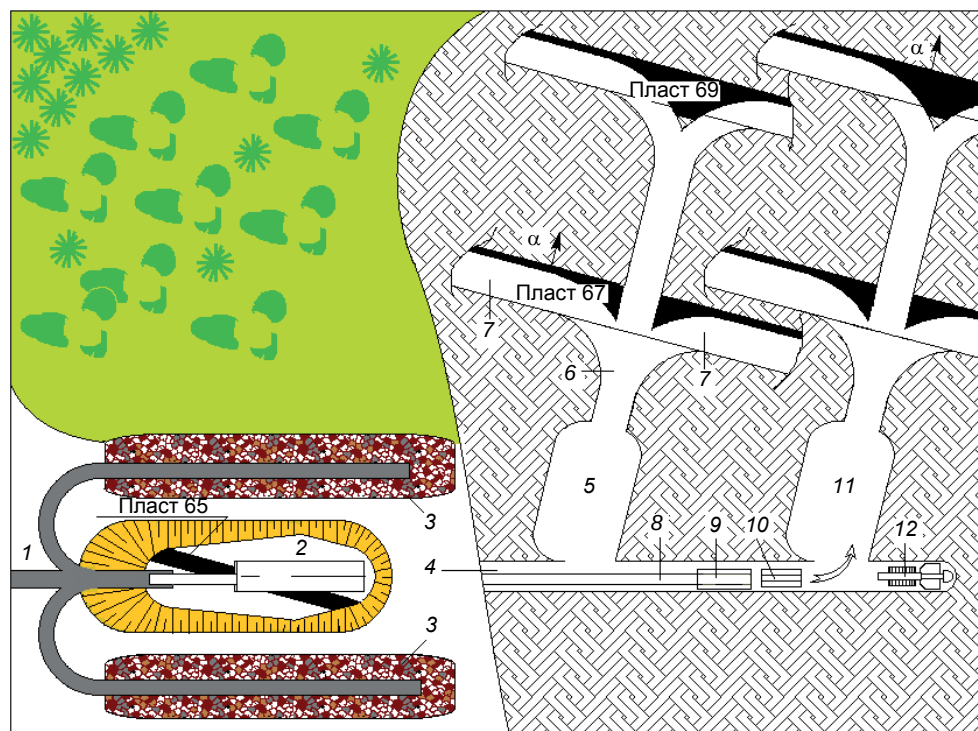


Рисунок 4. Схема вскрытия, подготовки и отработки свиты угольных пластов (вид в плане). 1 – рабочая площадка; 2 – разрезная траншея; 3 – внешний отвал; 4 – наклонная выработка; 5 – слоевая камера I; 6 – квершлаг; 7 – выемочная камера; 8 – ленточный телескопический конвейер; 9 – бункер-перегрузчик; 10 – самоходный вагон; 11 – слоевая камера II; 12 – комбайн избирательного действия / **Figure 4. Scheme of opening, preparation and mining a formation of coal seams (plan view).**

мические показатели очистных работ одного выемочного участка:

- время отработки – 132 рабочих дня;
- нагрузка на очистной забой – 392 т/см;
- производительность труда рабочего по добыче – 98 т/см;
- добыча угля по пласту 58 с учетом эксплуатационных потерь 10 %, в том числе потери угля в заездах комбайна в пласт и краевых зонах участков – 1,2 млн т.

Комбинированная разработка свиты крутонаклонных угольных пластов [14]

Обоснование параметров технологии выполнено на примере пластов с индексами 67 и 69 мощностью 5,1 и 3,6 м соответственно и запасами 4,8 млн т угля в границах участка. В породах почвы пласта 67 на расстоянии до 50 м залегает пласт 65 мощностью 0,86 м, который может быть использован для вскрытия и подготовки пластов 67 и 69.

В отличие от предыдущей технологии горизонтальная рабочая площадка сооружается на уровне выхода угольного пласта 65 под наносы, а прямолинейная наклонная выработка проводится по этому пласту под углом β в сторону одной из границ участка по простиранию с присечкой пород кровли и почвы (рис. 4). Горизонтальная слоевая камера I сооружается в породах кровли пласта 65. Из слоевой камеры комбайном проводят квершлаг в сторону пласта 69, который плавным закруглением в сторону направления проведения наклонной выработки внедряют в этот пласт, образуя выемочную камеру первого слоя. После окончания очистных работ на границе участка комбайн возвращают в квершлаг, из которого плавным закруглением опять внедряют его в этот же пласт, но в другую сторону и продолжают очистные работы. После отработки выемочной камеры по пласту 69 аналогичным образом ведут очистные работы по пласту 67.

По окончании очистных работ по пласту 67 комбайн осуществляет удлинение наклонной выработки до уровня следующего слоя, который принимают с учетом мощности вынимаемого слоя и оставления соразмерных междуканальных целиков. Затем сооружают на этом уровне словесную камеру II и далее, как описано выше. При подготовке следующего слоя вынутую породу размещают в выемочных камерах отработанного слоя.

По окончании выемки угля на возможную длину в выемочных камерах обоих пластов средства механизации выводят на дневную поверхность, где с этой же рабочей площадки начинают проведение следующей наклонной выработки, но в сторону противоположной границы по простиранию.

Если принять длину выемочного участка по простиранию пласта 500 м, то в карьерном поле можно разместить 7–8 выемочных участков, которые могут отрабатываться как одновременно, так и последовательно. Нагрузка на очистной забой составит до 400 т в смену.

Предложенная комбинированная технология разработки крутонаклонных угольных пластов позволит снизить негативное воздействие на окружающую природную среду. По сравнению с открытым способом добычи в разработанном варианте не требуется большой площади земель, отчуждаемых под карьерное поле и отвалы пород. За счет минимальных объемов вскрышных работ и утилизации породы в выработанном пространстве обеспечиваются сохранение природного ландшафта территории, значительное снижение землеемкости ведения горных работ и минимальные объемы последующей рекультивации нарушенных земель. Кроме того, за счет вовлечения в разработку маломощных пластов, которые обычно при открытом способе добычи не вынимаются, увеличится полнота извлечения угля из недр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новак А. Минэнерго: объем добычи угля в РФ в 2015 году вырос на 4,1 %. URL: <http://pronedra.ru/coal/2015/12/23/dobyicha-uglya-205-god/>
2. Sloss L. Coal mine site reclamation CCC/216. Published online by the IEA Clean Coal Centre, February 2013. Available at: bookshop.iea-coal.org.uk
3. Dedikova N. Opencast coal mining in Wales. Development of the industry in terms of social and environmental impacts. Placement organization: Friends of the Earth Cymru. 2014. 11/28. 38 p.
4. Foe Scotland & RSPB Scotland. (2013) Opencast coal mining. Liability for restoration works. Parliamentary Briefing. URL: http://www.rspb.org.uk/Images/opencast-coal-mining_tcm9-353523.pdf
5. Soil Atlas 2015. Facts and figures about earth, land and fields. Managing editor: Dietmar Bartz. IASS Potsdam. URL: http://globalsoilweek.org/wp-content/uploads/2014/12/soilatlas2015_web_141221.pdf
6. Белоцерцева И. А., Гранина Н. И. Воздействие разведки, добычи и переработки полезных ископаемых на почвы Сибири // Фундаментальные исследования. 2015. № 10. Ч. 2. С. 238–242.
7. Коваленко В. С., Артемьев В. Б., Опанасенко П. И. Землесберегающие и землевоспроизводящие технологии на угольных разрезах. М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2013. Т. 8, кн. 2. 2014. 439 с.
8. Селюков А. В. Технологические конструкции режимов внутреннего отвалобразования при разработке наклонных и крутонаклонных залежей. URL: www.niais.kemsu.ru/conf/GetDocsFile?id=60091&table=papers_file
9. Станкус В. М., Анферов Б. А., Кузнецова Л. В. Состояние и перспективы освоения Терсинского геолого-экономического района Кузбасса // Уголь. 2006. № 11. С. 37–40.
10. Клишин В. И., Ордин А. А., Ческидов В. И., Федорин В. А. Основные концепции оценки предельных объемов добычи угля открытым и подземным способами в Кузбассе // ГИАБ. 2009. № 7. С. 47–52.
11. Угольная база России. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). М.: ЗАО «Геоинформцентр», 2003. Т. II. 604 с.
12. Анферов Б. А., Кузнецова Л. В., Борисов И. Л. Открыто-подземная разработка нетехнологичных запасов угля Терсинского геолого-экономического района Кузбасса // Вестник КузГТУ. 2014. № 5. С. 44–49.
13. Пат. 2555997 Российская Федерация, МПК Е 21 С 41/00. Способ открыто-подземной разработки мощного одиночного крутонаклонного угольного пласта / Анферов Б. А., Кузнецова Л. В.; заявл. 24.06.14; опубл. 10.07.15, Бюл. № 19.
14. Пат. 2563895 Российская Федерация, МПК Е 21 С 41/00, Е 21 С 41/18. Способ открыто-подземной разработки свиты крутонаклонных угольных пластов / Анферов Б. А., Кузнецова Л. В.; заявл. 06.10.14; опубл. 27.09.15, Бюл. № 27.
15. Novak A. *Minenergo: ob'em dobychi uglya v RF v 2015 godu vyros na 4,1%* [Coal production in Russia grew by 4.1 % in 2015]. Available at: <http://pronedra.ru/coal/2015/12/23/dobyicha-uglya-205-god/>
16. Sloss L. 2013, Coal mine site reclamation. IEA Clean Coal Centre, 70 p.
17. Dedikova N. 2014, Opencast coal mining in Wales: Development of the industry in terms of social and environmental impacts. Placement organization: Friends of the Earth Cymru, 38 p.
18. 2013, Opencast coal mining. Liability for restoration works. Parliamentary Briefing. Available at: http://www.rspb.org.uk/Images/opencast-coal-mining_tcm9-353523.pdf
19. 2015, Facts and figures about Earth, land and fields. Managing editor: Dietmar Bartz. IASS Potsdam. Available at: http://globalsoilweek.org/wp-content/uploads/2014/12/soilatlas2015_web_141221.pdf
20. Belozertseva I. A., Granina N. I. 2015, *Vozdeystvie razvedki, dobychi i pererabotki poleznykh iskopaemykh na pochvy Sibiri* [The impact of exploration, extraction and processing of minerals on the soil of Siberia]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], no. 10/2, pp. 238–242.
21. Kovalenko V. S., Artem'ev V. B., Opanasenko P. I. 2014, *Zemlesberegayushchie i zemlevosproizvodnyashchie tekhnologii na ugol'nykh razrezakh* [Earth-saving and earth-reproducing technologies at coal mines], Moscow, vol. 8, book 2.
22. Selyukov A. V. *Tekhnologicheskie konstruktii rezhimov vnutrennego otvalobrazovaniya pri razrabotke naklonnykh i krutonaклонnykh zalezhey* [Technological construction of internal dumping modes in the development of inclined and steeply inclined deposits]. Available at: www.niais.kemsu.ru/conf/GetDocsFile?id=60091&table=papers_file
23. Stankus V. M., Anferov B. A., Kuznetsova L. V. 2006, *Sostoyanie i perspektivy osvoeniya Tersinskogo geologo-ekonomicheskogo rayona Kuzbassa* [State and prospects of development of Tersinskiy geological and economic region of Kuzbass]. *Ugol' [Coal]*, no. 11, pp. 37–40.
24. Klislin V. I., Ordin A. A., Cheskidov V. I., Fedorin V. A. 2009, *Osnovnye kontseptsii otsenki predel'nykh ob'emov dobychi uglya otkrytym i podzemnym sposobami v Kuzbasse* [Basic concepts of estimates of marginal coal production by open pit and underground methods in Kuzbass]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin], no. 7, pp. 47–52.
25. 2003, *Ugol'naya baza Rossii. Ugol'nye basseyny i mestorozhdeniya Zapadnoy Sibiri* (Kuznetskiy, Gorlovskiy, Zapadno-Sibirskiy basseyny; mestorozhdeniya Altayskogo kraia i Respubliki Altay) [Russian Coal base. The coal basins and deposits of Western Siberia (Kuznetsk, Gorlovka, the West Siberian basin, deposits of Altai Krai and Altai Republic)], Moscow, vol. 2, 604 p.
26. Anferov B. A., Kuznetsova L. V., Borisov I. L. 2014, *Otkryto-podzemnaya razrabotka netekhnologichnykh zasposov uglya Tersinskogo geologo-ekonomicheskogo rayona Kuzbassa* [Open-underground development of non-technological coal reserves of Tersinskiy geological and economic region of Kuzbass]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik of Kuzbass State Technical University], no. 5, pp. 44–49.
27. Anferov B. A., Kuznetsova L. V. *Sposob otkryto-podzemnoy razrabotki moshchnogo odinochnogo krutonaклонного ugol'nogo plasta* [The process of open-underground development of potent single steeply inclined coal seam]. Patent RF, no. 2555997, 2015..
28. Anferov B. A., Kuznetsova L. V. *Sposob otkryto-podzemnoy razrabotki svity krutonaклонnykh ugol'nykh plastov* [The process of open-underground development of a formation of steeply inclined coal seams]. Patent RF, no. 2563895, 2015.

REFERENCES

Борис Алексеевич Анферов,

b.anferov@icc.kemsc.ru

Людмила Васильевна Кузнецова,

lvk@icc.kemsc.ru

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
Россия, Кемерово, пр-т Советский 18

Boris Alekseevich Anferov,

b.anferov@icc.kemsc.ru

Lyudmila Vasil'evna Kuznetsova,

lvk@icc.kemsc.ru

SB RAS Kemerovo Science Center
Kemerovo, Russia