

УДК 622.272

**Кожугулов Камчибек Чонмурунович**

доктор технических наук, профессор  
член-корреспондент НАН КР,  
директор Института геомеханики  
и освоения недр НАН КР  
720055, Кыргызская Республика  
г. Бишкек, ул. Медерова 98  
e-mail: [ifmgp@yandex.ru](mailto:ifmgp@yandex.ru)

**РАЗВИТИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ  
С УВЕЛИЧЕНИЕМ ГЛУБИНЫ  
РАЗРАБОТКИ НАГОРНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ***Аннотация:*

*В работе изложены специфические особенности геологического строения нагорных рудных месторождений Кыргызстана. Отмечены отличительные условия залегания рудных тел. Применяемые в настоящее время технологии комбинированной разработки рудных месторождений не всегда учитывают эти условия. Указаны серьезные трудности в практике отработки данных месторождений с увеличением глубины их разработки. Краткий анализ технологий при комбинированной разработке рудных месторождений республики показывает, что в настоящее время наиболее широкое применение получили такие системы, как принудительное блоковое и подэтажное обрушение, этажно-камерные и подэтажные штреки. Отмечены преимущества и недостатки применения подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды для характерных условий рудных месторождений Кыргызстана. Показано, что применение гибкого разделяющего перекрытия при комбинированном способе разработки с использованием системы с обрушением привели к значительному расширению области их применения и резкому повышению качественных показателей выемки. Приведена разработанная технология отработки подкарьерных запасов, включающая применение гибкого разделяющего перекрытия с внутрикарьерным отвалообразованием.*

*Для отработки рудных тел с высокой изменчивостью контура промышленного оруденения, участков с богатыми запасами, а также крутопадающих залежей полезных ископаемых предложены способы отработки рудных тел, на которые получены патенты на изобретения КР.*

*Ключевые слова: геотехнология, глубина разработки, нагорные месторождения, комбинированная разработка, способ, система подэтажного обрушения, рудное тело*

DOI: 10.25635/2313-1586.2018.03.160

**Kozhogulov Kamchibek Ch.**

Doctor of Engineering, Professor,  
Corresponding Member of NAS KR,  
Director of the Institute of geomechanics  
and development of subsoil of NAS KR  
720055, Mederov 98, Bishkek,  
Kyrgyz Republic,  
e-mail: [ifmgp@yandex.ru](mailto:ifmgp@yandex.ru)

**PROGRESS OF GEOTECHNOLOGIES  
WITH INCREASING DEPTH  
OF DEVELOPMENT  
OF HIGHLAND DEPOSITS***Abstract.*

*Specific features of the geological structure of the mountainous ore deposits of Kyrgyzstan are described. Distinctive conditions of occurrence of ore bodies are noted. The technologies of combined mining of ore deposits that have been applied to the present time do not always take into account these conditions. There are serious difficulties in the practice of development these deposits with increasing depth of their development. At the same time, a brief analysis of technologies in the combined development of ore deposits in the republic shows that, at present, the most widespread use has been made of such systems as forced block and sublevel collapsing, floor-chamber and sublevel drifts. The advantages and disadvantages of using sublevel collapsing with the end output of ore for the characteristic conditions of the ore deposits of Kyrgyzstan are noted. It is shown that the use of flexible separating overlap while combined development method using a collapse system led to a significant expansion of the field of their application and a sharp increase of the quality factor of the extraction. The developed technology of pit reserves mining, including application of flexible separating overlap with intra-pit, dumping is described.*

*Methods of development of ore bodies for which patents for inventions of the Kyrgyz Republic have been obtained are proposed for development of ore bodies with high variability of the industrial mineralization contour, sites with abundant reserves, and steeply falling deposits of minerals.*

*Key words: geotechnology, depth of development, upland deposits, combined development, method, sublevel collapse system, ore bodies*

### Введение

Кыргызстан – горная страна. Вследствие этого большинство месторождений полезных ископаемых расположены в гористой местности с пересеченным рельефом. При этом они имеют ряд специфических особенностей, обусловленных неоднородным геологическим строением, изменчивостью свойств руд и вмещающих пород, и относятся к сложным нагорным месторождениям. Они состоят из отдельных рудных тел небольших размеров, сложной формы и неравномерного оруденения, разбросаны по всей площади рудного поля и находятся в сложных горно-геологических условиях, отличающихся невыдержанными элементами залегания [1].

Верхние части нагорных месторождений в Кыргызстане в основном обрабатываются открытым способом. Нижние части этих залежей разрабатываются подземным способом, т.е. применяется последовательная открыто-подземная комбинированная разработка. Схема такой комбинированной разработки приведена на рис. 1 [2].

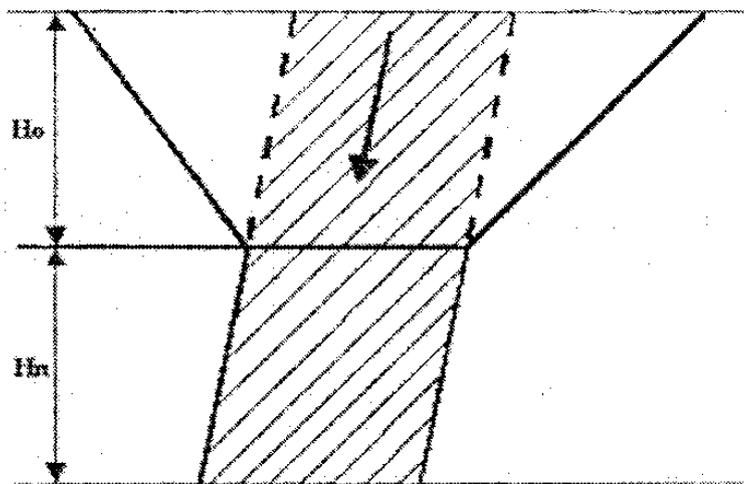


Рис. 1 – Схема последовательной открыто-подземной комбинированной разработки ( $H_0$  – глубина открытой разработки,  $H_n$  – глубина подземной разработки)

При последовательной открыто-подземной обработке месторождений горные работы в карьере ведутся до начала подземных работ. В этом случае достигается ускорение ввода в эксплуатацию месторождений до окончания вскрытия и подготовки части, обрабатываемой подземным способом.

Используемые в горном деле в настоящее время на карьерах мощное горное оборудование и технология добычи позволяют вести горные работы на больших глубинах. Однако в практике отработки рудных месторождений нагорного типа возникли серьезные трудности. На большинстве глубоких карьеров при достижении определенных глубин наблюдается резкое увеличение объемов вскрыши и затрат на транспортирование, возрастает себестоимость добычи. При этом, если разработка технологии открытых горных работ ведется без учета устойчивости бортов карьеров, то это обычно приводит к неоправданным дополнительным расходам.

Поэтому с увеличением глубины разработки обычно переходят на технологии комбинированной отработки месторождений. Анализ показывает, что применяемые до настоящего времени технологии комбинированной разработки месторождений [3 – 6] не всегда учитывают специфические особенности выемки подкарьерных запасов. Сложная конфигурация рудных тел, разнообразность вмещающих пород приводит к неполной выемке полезных ископаемых, часть запасов безвозвратно теряется. При этом возникают значительные затраты на бурение вееров взрывных скважин из подземных буровых выпусков, предназначенных для принудительного обрушения запасов верхнего подэтажа. Причем эти способы предназначены только для подземной отработки запасов [7].

### *Постановка и решение задачи*

В настоящее время при разработке крутопадающих рудных месторождений широкое применение нашли наиболее безопасные и эффективные системы (принудительное блоковое и поэтажное обрушение, этажно-камерное, поэтажных штреков). При этом на долю этих систем в цветной металлургии приходится около 50 % всей руды, добываемой подземным способом.

Развитие высокопроизводительных систем в последние годы осуществляется в направлении снижения потерь и разубоживания руды, т.е. разработки ресурсосберегающих технологий. Так, поэтажная схема выемки позволяет более полно и с меньшим разубоживанием отработать участки рудных тел с резко изменчивым промышленным оруденением, что является характерной особенностью рудных месторождений Кыргызстана.

Применение взрывной доставки руды в очистном пространстве в настоящее время также позволяет обеспечить высокую полноту отработки полезных ископаемых при неблагоприятных условиях их залегания и повысить экономическую эффективность выемки руды.

Высокую полноту выемки запасов руды в сложных горно-геологических условиях обеспечивает использование систем с закладкой (гидравлическая и твердеющая) выработанного пространства. В цветной металлургии около 30 рудных месторождений отработывается этой системой. Широкое применение при отработке рудных тел, залегающих в сложных горно-геологических условиях, имеющих весьма неравномерный контур промышленного оруденения, получили системы поэтажного обрушения с торцевым выпуском руды [8].

Вместе с тем в системе поэтажного обрушения с торцевым выпуском руды имеется ряд существенных недостатков, при этом один из основных – низкие показатели извлечения полезного ископаемого из недр (потери – 10–15 %, разубоживание – 25 %) [9–11].

В связи с этим в целях уменьшения количественных и качественных потерь в Кыргызстане разработан ряд технологий и способов отработки крутопадающих рудных тел [12–15]. Согласно способу разработки крутопадающих залежей [6], включающему проходку выработок по простиранию в два яруса, бурение вееров взрывных скважин, отбойку руды слоями в зажиме и послыйный торцевой выпуск руды под обрушенными породами, бурение скважин из выработок верхнего яруса производят в пределах контура площади обнажения, полученной при отбойке предыдущего слоя, а из выработок нижнего яруса – за пределами этого контура до границ зоны промышленного оруденения, причем отбойку скважин, пробуренных из выработок нижнего яруса, осуществляют после отбойки скважин, пробуренных из выработок верхнего яруса, и частичного выпуска руды.

Применение этого способа при разработке залежей с изменяющимися параметрами промышленного оруденения, характерных для крутопадающих месторождений Кыргызстана, позволяет создать для приконтурных частей слоя обнаженные поверхности, в пределах обрабатываемого слоя обурить эти приконтурные части слоя и отбить их. Путем изменения расстояния между выпускными выработками каждого яруса достигается наиболее полный охват зоной выпуска отбитых слоев. Использование всех выработок в качестве выпускных дает возможность увеличить интенсивность отработки запасов. Способ позволяет хорошо вписываться при отбойке и выпуске руды в изменчивые параметры промышленного оруденения, и тем самым повысить показатели извлечения запасов.

Месторождения полезных ископаемых Кыргызстана обычно имеют рудные тела с весьма неравномерным контуром промышленного оруденения. Для отработки таких месторождений в сложных горно-геологических условиях широкое применение в респуб-

лике получили системы подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды [12]. Многолетний опыт применения подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды на рудниках республики позволяет отметить, что эта технология, имея высокие технико-экономические показатели, характеризуется максимальной простотой и гибкостью, позволяет эффективно разведывать контуры весьма сложных рудных залежей, регулировать высоту подэтажа и обрушенных зон, стабилизировать качество добываемой руды и оставлять часть породных включений в выработанном пространстве. Постоянное обновление торца забоя, высокая интенсивность очистной выемки при отработке обеспечивают безопасность выпуска руды при разработке неустойчивых руд. При послойной отбойке руды снижается сейсмическое воздействие на окружающий массив и вероятность проявлений горных ударов [10, 15, 16].

Развитие системы подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды в последние годы осуществляется в направлении снижения потерь и разубоживания руды, т. е. разработки ресурсосберегающих технологий. При этом применение гибкого разделяющего перекрытия при комбинированном способе разработки с использованием системы с обрушением привело к значительному расширению области применения и резкому повышению качественных показателей выемки.

С использованием гибких разделяющих перекрытий в Кыргызстане разработан ряд ресурсосберегающих технологий, на некоторые из них получены авторские свидетельства и патенты на изобретение [14, 15, 17].

Так, для разработки мощных наклонных рудных тел нами разработана технология отработки подкарьерных запасов, включающая применение гибкого разделяющего перекрытия с внутрикарьерным отвалообразованием (Патент Кыргызской республики [17]). При этом комбинированная разработка рудных тел осуществляется камерно-столбовой системой и системой подэтажного обрушения с применением гибкого разделяющего перекрытия. Способ используется при отработке пологих и наклонных залежей мощностью свыше 12 – 15 м и осуществляется следующим образом (рис. 2).

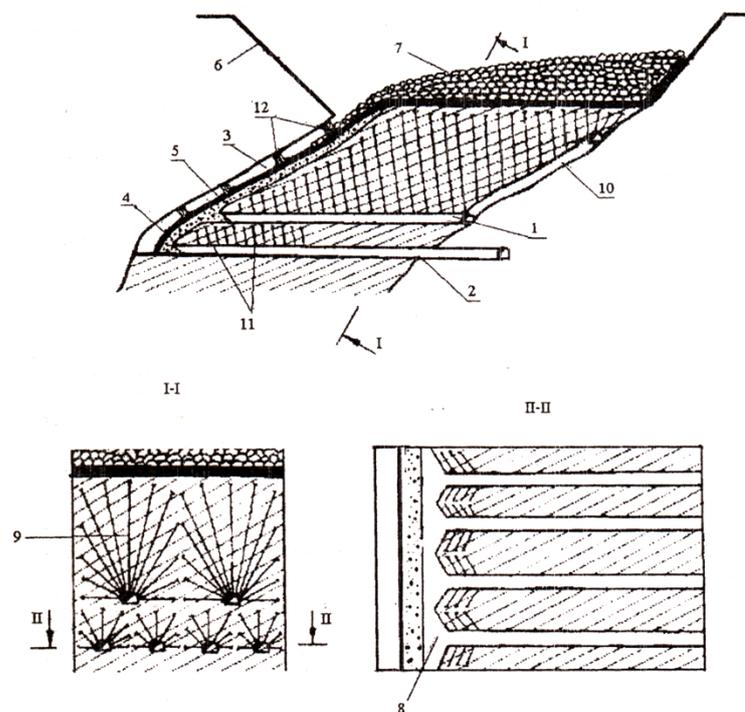


Рис. 2 – Способ комбинированной разработки наклонных рудных тел:

1 – буровая выработка, 2 – доставочная выработка, 3 – отрезная щель, 4 – отбитая руда монтажного слоя, 5 – гибкое разделяющее перекрытие, 6 – карьер, 7 – отвал пустых пород, 8 – подсечка, 9 – скважины, 10 – наклонная выработка, 11 – скважины, 12 – временные целики

В период подготовки нижележащих горизонтов проходят доставочную 2 и буровую 1 выработки, из доставочной выработки 2 проходят отрезную щель 3 до дна карьера с применением камерно-столбовой системы. Для разделения отбитой руды при выпуске и складироваемых пустых пород внутреннего отвала, на отбитую руду 4 монтажного слоя производится настилка гибкого перекрытия 5 в виде 2 – 3-х слоев металлической сетки. Верхнюю часть перекрытия свободно располагают на днище карьера 6 и засыпают пустыми породами 7 высотой 15 – 20 метров, для того чтобы, во-первых, заполнялось образующееся при подземной добыче выработанное пространство, во-вторых, сохранялось устойчивое состояние бортов карьера. Горизонтальная часть гибкого перекрытия для нижележащего подэтажа монтируется по мере отбойки и выпуска отбитой руды на почве сплошной или конической формы подсечки 8 доставочного горизонта обрабатываемого подэтажа. Боковое перекрытие возводится аналогично верхнему подэтажу. В процессе отработки рудного тела производится подсыпка пустых пород в карьер, что обеспечивает устойчивость бортов карьера с одновременной закладкой выработанного пространства пустыми породами.

Для отработки рудных тел с высокой изменчивостью контура промышленного оруденения с целью изменения количественных и качественных потерь полезного ископаемого предложен способ комбинированной отработки рудных тел сложного строения, защищенный патентом Кыргызской республики. Сущность способа заключается в опережающей отбойке секций у контуров рудного тела с целью создания для приконтурных участков обнаженной поверхности, которая уменьшает интервалы спрямления контура рудного тела и ликвидирует отсутствие необходимого компенсационного пространства. Затем отбивается оставшаяся часть слоя.

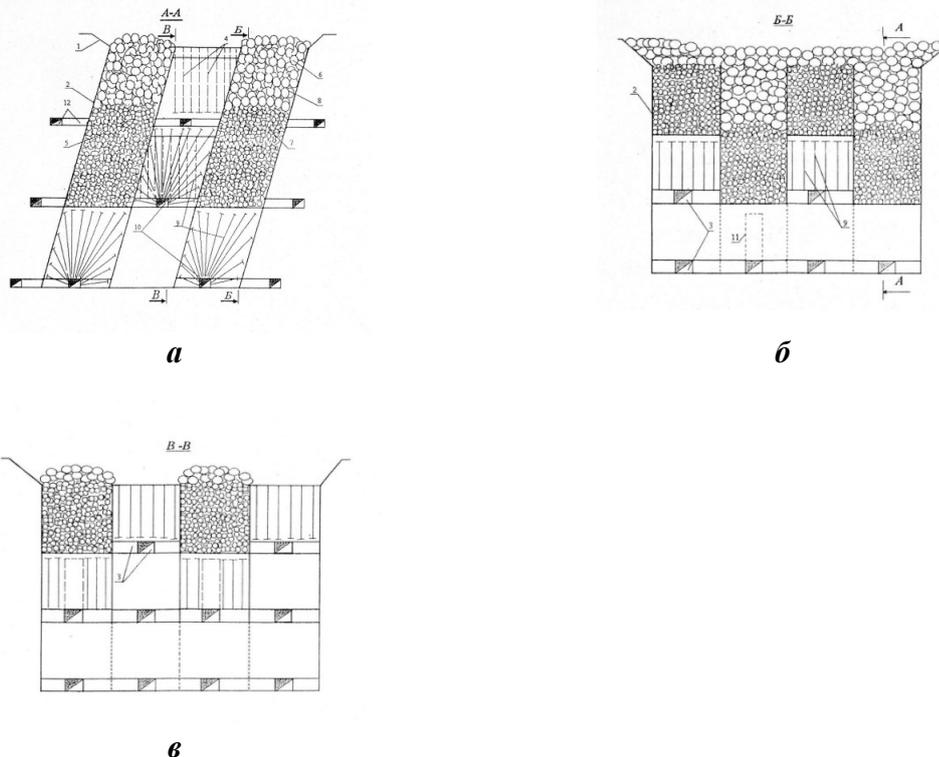


Рис. 3 – Способ комбинированной разработки крутопадающих рудных тел:

*a* – схема разработки рудного тела по простиранию, разрез по А – А; *б* – разрез по Б – Б; *в* – разрез по В – В, 1 – проектный контур карьера; 2 – контур рудного тела; 3 – буровыпускные выработки; 4 – скважины, пробуренные со дна карьера; 5 – обрушенная руда; 6 – породы внутреннего отвала; 7 – нижние подэтажи; 8 – отработанные панели верхнего подэтажа; 9 – скважины, пробуренные из буровыпускных выработок; 10 – буровыпускные выработки нижних подэтажей; 11 – отрезной восстающий; 12 – подготовительно-нарезные выработки

С целью уменьшения количественных и качественных потерь при отработке богатых участков ценной руды разработан способ отработки рудных тел, предусматривающий опережающую выемку и выпуск богатых участков руды и последующее обрушение оставшихся запасов всего слоя, что снижает потери и разубоживание до 1,2 – 1,5 раза. Следует особо отметить, что рекомендуемые варианты способов выделения богатых участков отличаются простотой в применении. Они также позволяют снизить количественные и качественные потери ранее не выявленных участков полезных ископаемых с высоким содержанием полезных компонентов [18]. Для устранения этих недостатков нами создан способ комбинированной разработки крутопадающих залежей полезных ископаемых, на который получен патент КР на изобретение [19].

Способ осуществляется следующим образом (рис. 3). После достижения карьером 1 проектных контуров приступают к проходке под его дном по простиранию и вкрест простирания рудного тела 2 подготовительно-нарезных 12 и буровыпускных выработок 3, одновременно со дна карьера производят бурение параллельных взрывных скважин 4. Запасы, подлежащие к выемке, делятся на выемочные блоки. Отработка блоков при этом производится с применением системы подэтажного обрушения руды и вмещающих пород. С целью создания обнаженной поверхности и компенсационного пространства из буровыпускных выработок проходится отрезной восстающий 11, который расширяется до отрезной щели.

Для отбойки на отрезную щель из буровыпускных выработок бурятся веера скважин 9. После отбойки и частичного выпуска обрушенной руды 5 верхнего подэтажа производится заполнение выработанного пространства панели забалансовой рудой или породами внутреннего отвала 6. При этом на каждом уровне отбиваются и выпускаются запасы каждой второй панели. При переходе на отработку нижних подэтажей 7 панели нижеследующего подэтажа располагаются под отработанной панелью 8 верхнего подэтажа. А запасы панелей нижеследующего подэтажа отбиваются веерами скважин 9, пробуренными из подземных буровыпускных выработок 10. По мере отбойки и выпуска руды выработанное пространство панелей заполняют породами внутреннего отвала или забалансовой рудой 6.

### *Заключение*

Предлагаемый способ комбинированной разработки крутопадающих рудных тел имеет следующие преимущества:

- бурение параллельных скважин со дна карьера с использованием мощных карьерных станков снижает затраты времени и средств на выемку запасов полезного ископаемого верхнего подэтажа, уменьшаются количественные и качественные потери полезного ископаемого;
- отработка запасов полезного ископаемого осуществляется системой подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды, что позволяет использовать самоходное горное оборудование;
- сравнительно большие объемы одновременно отбиваемой и выпускаемой руды повышают производительность погрузочно-доставочного (особенно скреперного) оборудования;
- заполнение выработанного пространства панелей бедными отвальными породами и забалансовой рудой позволяет снизить экологическую нагрузку на окружающую среду за счет снижения площадей внешних отвалов.

### **Литература**

1. Кожогулов К.Ч. Геомеханические основы и технология при комбинированной разработке крутопадающих месторождений / К.Ч. Кожогулов, К.Ж. Усенов, А.П. Алибаев. – Бишкек: КГМИ, 1999. – 186 с.

2. Казикаев Д.М. Комбинированная разработка рудных месторождений / Д.М. Казикаев. - М.: Горная книга, 2008. - 360 с.
3. Ярков А.В. Гибкая технология отработки рудных тел сложного строения / А.В. Ярков, Н.В. Дронов, М.А. Яковлев. - Бишкек: Илим, 1992. - 160 с.
4. Мухтаров Т.М. Комбинированный способ разработки месторождений полезных ископаемых / Т.М. Мухтаров. - М.: Наука, 1988. - 231 с.
5. Каплунов Д.Р. Комбинированная разработка месторождений / Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова. - М.: Горная книга, 2012. - 344 с.
6. Яковлев М.А., Ярков А.В., Крючков П.Я. и др. Способ разработки крутопадающих рудных залежей / А.с. №1028846.- М., 1983. - Бюл. № 26.
7. Яковлев М.А., Ярков А.В., Крючков П.Я. и др. Способ разработки крутопадающих рудных тел / А.с. СССР № 840366. Е21С. 41/08 - М., 1981. - Бюл. 23.
8. Ярков А.В. Принципы построения рациональной технологии отработки рудных тел сложного строения / А.В. Ярков // Выбор параметров и технологий подземной разработки рудных месторождений. - Фрунзе: Илим, 1984. - С. 60 - 70.
9. Подземная разработка рудных месторождений / А.М. Фрейдин, А.А. Неверов, С.А. Неверов. - Ч. 2. - Новосибирск, ИГД СО РАН - НГУ, 2012. - 268 с.
10. Технология подземной разработки сложных месторождений. - Фрунзе: Илим, 1975. - С. 32 - 34.
11. Агошков М.И. Разработка рудных и нерудных месторождений / М.И. Агошков, С.С. Борисов, В.А. Боярский. - М.: Недра, 1983. - 424 с.
12. Кожогулов К.Ч. Развитие геотехнологий при комбинированной разработке нагорных рудных месторождений / К.Ч. Кожогулов, А.П. Алибаев, К.Ж. Усенов. - Бишкек - Жалалабат, 2008. - 190 с.
13. Шамиев Ж.Б., Кожогулов К.Ч., Усенов К.Ж., Алибаев А.П., Паизов И.К. Способ комбинированной отработки рудных тел. Патент на изобретение № 1433. Госпатентная служба КР. - Бишкек, 2012.
14. Кожогулов К.Ч., Усенов К.Ж., Алибаев А.П. Способ комбинированной отработки рудных тел сложного строения. Патент на изобретение № 1158. Госпатентная служба КР. - Бишкек, 2009.
15. Ярков А.В., Яковлев М.А., Крючков П.Я. и др. Способ разработки крутопадающих рудных залежей. А.с. №1028846-М., 1983.- Бюл. №26.
16. Кожогулов К.Ч. Ресурсосберегающие технологии при комбинированной разработке рудных месторождений Кыргызстана // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. - Бишкек, 2014. - № 33.
17. Кожогулов К.Ч., Усенов К.Ж., Алибаев А.П. Способ комбинированной разработки наклонных рудных тел. Патент на изобретение № 1159, Госпатентная служба КР. - Бишкек, 2009.
18. Шамиев Ж.Б., Кожогулов К.Ч., Усенов К.Ж., Алибаев А.П., Паизов И.К. Способ комбинированной отработки рудных тел. Патент на изобретение № 1433, Госпатентная служба КР. - Бишкек, 2012.
19. Осмонова Н.Т., Кожогулов К.Ч., Никольская О.В., Усенов К.Ж., Алибаев А.П. Способ комбинированной разработки крутопадающих залежей полезных ископаемых. Патент № 1572.- Бишкек: Кыргызпатент, 2013.