

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ
РАСТЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ВЫЕМКЕ УГЛЯ**

Приведена швидкість переміщення деформацій в непорушеному масиві. Встановлено, що швидкість в породах середнього ступеня метаморфізму складає 15 м/добу. Середня швидкість переміщення деформацій в сланцях – 10 м/добу, в піщаниках – 15 м/добу. При повторній підробці швидкість переміщення деформацій складає 17 м/добу.

**THE DETERMINATION OF TENSILE DEFORMATION'S SPEED
TRAVEL IN MASSIF DURING THE COAL MINING**

Deformation's speed travel in the virgin rock massif is given in this article. It has been determined that deformation's speed in the rocks of medium-scale metamorphism was 15 meters over the entire circadian period. The average speed of deformation's travel in the shale rocks is 10 meters over the entire circadian period and in the sandstone is 15 meters over the entire circadian period. During the recurring undermining the speed travel of deformations is 17 meters over the entire circadian period.

При выемке угля в газонасыщенном углепородном массиве происходят два независимых процесса: перемещается очистной забой и вверх от него развивается зона деформаций растяжений, которая на определенной высоте сменяется зоной сжатий. При этом над очистным пространством образуется разрушенный массив, который проявляет себя как горное давление. В результате разрушения подработанного массива горных пород увеличивается количество метана. Он сосредотачивается в зонах деформаций растяжений. Зоны деформаций растяжений в массиве зависят как от параметров процесса сдвижения, скорости развития деформаций в массиве, так и от параметров очистного забоя. Управляя скоростью подвигания забоя и его параметрами можно достигать разрушения именно тех пластов пород, в которых содержится метан. Изучение параметров зон деформаций растяжений во взаимосвязи с параметрами сдвижения массива горных пород и параметрами очистного забоя позволит целенаправленно осуществить дегазацию массива путем извлечения из него метана.

Процесс сдвижения происходит за определенный период времени, следовательно, деформации в массиве также развиваются с какой то определенной скоростью. Эта скорость была определена ранее для нарушенного и ненарушенного массивов. Результаты исследований, которые изложены в статье, основываются на инструментальных наблюдениях, полученных следующими учеными: в ненарушенном массиве эту скорость определили [1], проф. Кулибаба С.Б. [2]. В нарушенном массиве – польский ученый А. Ковальски [3]. В связи с тем, что скорость развития деформаций в массиве для различных условий (для малых глубин, для больших глубин, подработанный и неподработанный массив) различна, то используем инструментальные наблюдения, по-

лученные вышеперечисленными учеными.

Скорость развития деформаций в горном массиве по [1].

Скорость развития деформаций по плоскости сдвижения различна. Скорость деформаций растяжений постепенно нарастает до достижения центра массы блока. Затем деформации с приближением к очистному забою возрастают как по величине, так и скорости. Об этом можно судить по скоростям развития деформаций растяжения, которые происходят в динамической мульде на земной поверхности. Так, начальная скорость деформаций растяжений составляет $0,04 \cdot 10^{-3} - 0,09 \cdot 10^{-3}$ м/сутки, а конечная максимальная скорость - $0,25 \cdot 10^{-3}$ м/сутки, т.е. конечная скорость деформаций растяжений в 6,2-2,8 раза выше, чем вначале сдвижения. Несмотря на разный характер напряжений и разную величину скорости деформаций, можно определить среднюю скорость развития деформаций по плоскости сдвижения от поверхности до забоя. Для этого воспользуемся данными об общей продолжительности сдвижения при различных глубинах разработки, приведенных в «Правилах охраны...» [4]. Продолжительность деформаций растяжений составляет 1/3 общей продолжительности процесса сдвижения. Это время и принимается для расчета скорости развития деформаций по плоскости сдвижения.

В таблице приведены продолжительность процесса сдвижения и период опасных деформаций в зависимости от глубины разработки и скорости перемещения забоя, рекомендованные «Правилами охраны...» для Донецкого бассейна [4], а также рассчитанная скорость развития деформаций в горном массиве.

Таблица 1 - Скорости развития деформаций в горном массиве

Глубина разработки, м	Продолжительность процесса сдвижения, мес.		Скорость развития деформаций по плоскости сдвижения, м/сут	
	Скорость подвигания очистного забоя, м/мес			
	30	50	70	
Общая продолжительность процесса сдвижения				
100	5 / 2,0	4 / 2,5	3 / 3,3	
300	13 / 2,3	8 / 3,8	6 / 5,0	
500	22 / 2,3	18 / 2,8	10 / 5,0	
700	30 / 2,3	19 / 3,7	13 / 5,4	
1000	44 / 2,3	20 / 5,0	19 / 5,3	
Период опасных деформаций				
100	3 / 3,3	2 / 5,0	2 / 5,0	
300	8 / 3,8	5 / 6,0	4 / 7,5	
500	12 / 4,2	7 / 7,1	5 / 10,0	
700	16 / 4,4	10 / 7,0	7 / 10,0	

Наиболее характерной скоростью развития деформаций в горном массиве следует считать ту, которая определена исходя из периода опасных деформаций при наибольшей скорости перемещения очистного забоя.

Горные породы в зависимости от степени метаморфизма обладают вязко-

пластичными, упруго-пластичными и упругими деформационными свойствами. Поэтому, скорость развития деформаций в них будет различной. Отсюда следует, что приведенные в таблице скорости развития деформаций в горном массиве по плоскости сдвижения носят только приближенные значения. Для конкретных условий подрабатываемой геологической толщи необходимо и соответствующее определение скорости развития деформаций, которое может быть установлено на основании инструментальных наблюдений. Так, для условий Западного Донбасса в «Правилах охраны...» продолжительность процесса сдвижения рекомендуется увеличить в 1,3 раза [4]. А это значит, что скорость развития деформаций в породах слабой степени метаморфизма меньше в 1,3-1,5 раза. Она составляет 6-10 м/сутки. В породах высокой степени метаморфизма скорость развития деформаций значительно выше. Так, процесс сдвижения на шахте «50-летия Октября» и «Зверевская» при прочности песчаников $f = 15-18$ (высокая степень метаморфизма) происходил за 6 месяцев, что соответствует расчетной скорости деформаций в горном массиве 15-18 м/сутки. На основании литературных данных, а также проведенных расчетов в таблице 2 приведены приближенные данные о скорости развития деформаций в горном массиве по плоскости сдвижения в породах разной степени метаморфизма.

Таблица 2 – Скорость развития деформаций в горном массиве в породах разной степени метаморфизма

Степень метаморфизма пород		
Слабая	Средняя	Высокая
Скорость развития деформаций по плоскости сдвижения, м/сутки		
6-10	10-15	15-20
Длина сдвигающихся блоков, м		
20-60	60-120	120-200

Как следует из таблицы, с повышением глубины разработки скорость развития деформаций по плоскости сдвижения увеличивается. Это может быть вызвано не только повышением прочности пород разного литологического состава, но и природой развития деформаций. В процессе развития деформаций растяжений от поверхности по плоскости сдвижения изменяется конфигурация блока и размещение центра масс. Поэтому в глубине массива над забоем возможны различные виды деформаций, которые приводят к отделению сдвигающегося блока. Плоскость сдвижения от поверхности до забоя, по ко-

торой сдвинулся блок, до поступления ее в зону сжатий, будем называть зоной растяжений или зоной разуплотнения пород. Зону контакта сдвигающегося и сдвинувшегося блоков - зоной сжатий или зоной уплотнения пород. При перемещении очистного забоя зона растяжений заменяется зоной сжатий (важнейшее свойство динамической мульды сдвижения).

Скорость развития деформаций в горном массиве по [2].

Профессором Кулибабой С.Б. было установлено, что в различные периоды процесса сдвижения скорость его распространения в массиве не одинакова. Это основывается на инструментальных наблюдениях, которые были проведены на шахте «Глубокая» объединения «Донецкуголь». Осуществлялась подработка вентиляционного ствола №1 двумя спаренными лавами в следующих условиях:

средняя глубина разработки – 541м,
вынимаемая мощность пласта – 1,15м,
общая длина двух подрабатываемых лав – 400м,
управление кровлей – полное обрушение,
месячное подвигание очистных забоев в пределах целика – до 20м.

Вентиляционный ствол №1 диаметром в свету 4,5м пройден на глубину 426м, закреплен бетоном толщиной 0,5м с бетонными опорными венцами. Инструментальные наблюдения за процессом сдвижения проводились по 17-ти парам реперов, заложенных в породу и крепь ствола. Среднее расстояние по вертикали между соседними парами реперов составляло 25,4м. В процессе инструментальных наблюдений определялись оседания реперов на различные моменты процесса сдвижения. В результате было установлено, что скорость распространения процесса сдвижения в массиве от зумпфа ствола к его устью в своей активной стадии являлась неравномерной.

Кулибабой С.Б. было введено понятие временного градиента нормированных оседаний массива G , под которым понимается период в сутках, за который некоторое нормированное оседание распространяется вверх на 100м по подрабатываемому массиву. На рисунке 1 показаны графики, позволяющие видеть, как изменяются усредненные значения G в период активной стадии процесса сдвижения по оси рассматриваемого ствола.

Недостатком этого графика является то, что он не показывает, как изменяется скорость деформаций в массиве. Поэтому, опираясь на данные профессора Кулибабы С.Б., построен следующий график.

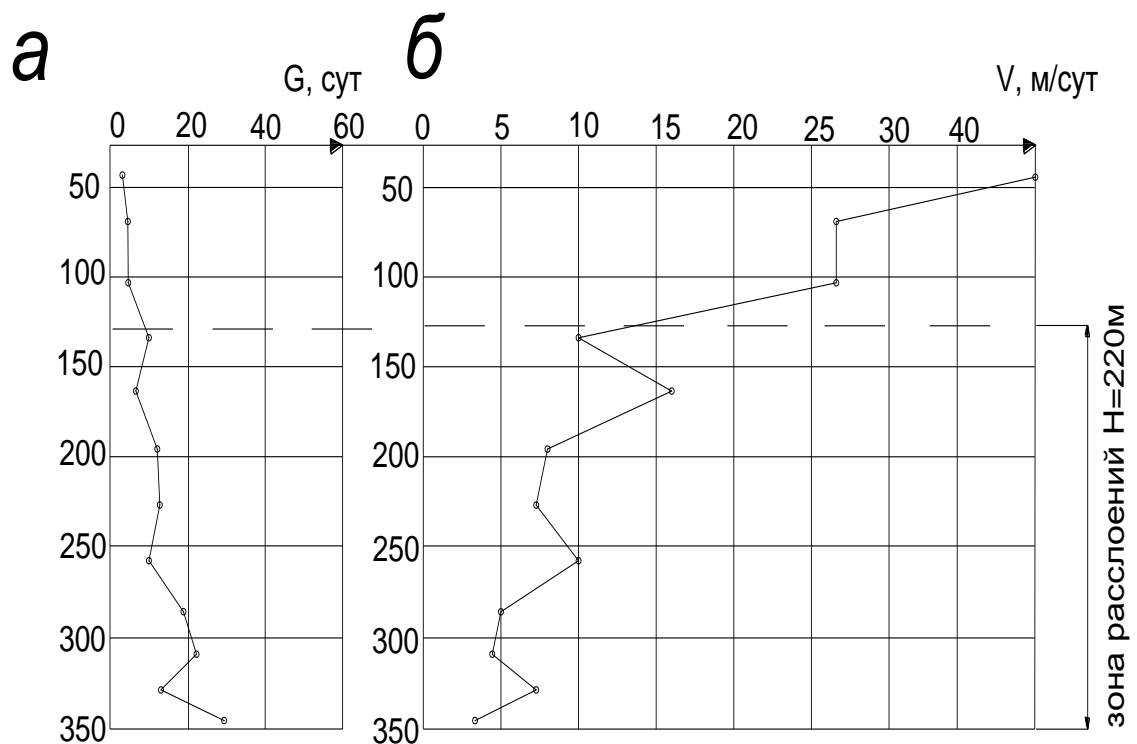


Рис. 1 – а) градиент нормированных оседаний массива G по Кулибабе; б) изменение скорости перемещения деформаций в массиве на разной глубине

Из рисунка 1 видно, что скорость развития деформаций растяжений от забоя к поверхности неравномерна. Причем в верхней части эта скорость намного больше, чем в нижней. Это может быть обусловлено тем, что до определенной глубины (высота зоны расслоений) скорость приводит к разрушению массива горных пород и поэтому скорость по величине несколько ниже. Выше зоны расслоений наблюдается плавное оседание пород без разрыва сплошности, поэтому при оседании массива наблюдается большая скорость. Исходя из этого, определим эту высоту зоны расслоений в массиве. Воспользуемся следующими данными:

длина блока $L_B = 15$ м,

скорость развития деформаций для пород средней степени метаморфизма $V_D = 8$ м/сутки,

скорость подвигания забоя $V_Z = 1$ м/сутки.

Были проведены исследования для различных горнотехнических условий, из которых следует, что шаг обрушения взаимосвязан со скоростью подвигания забоя. Скорость подвигания забоя определена по графику [5] учитывая шаг обрушения кровли. При малой скорости принимаем шаг обрушения 15 м/сутки.

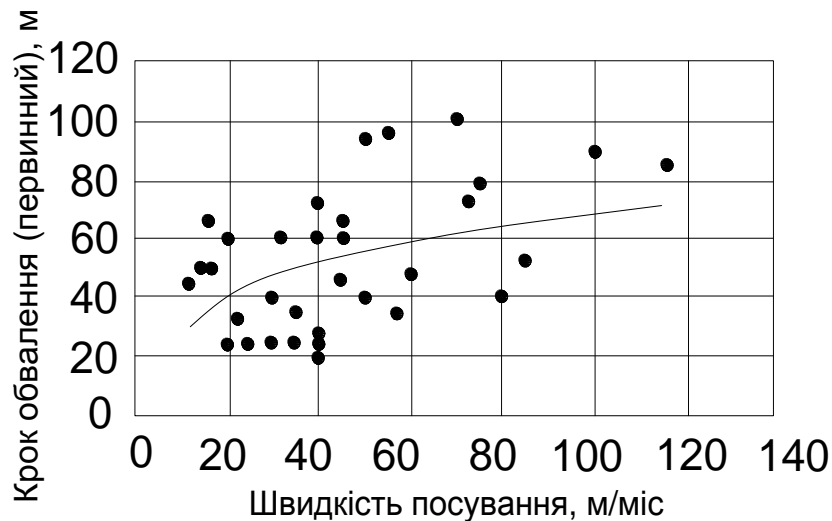


Рис. 2 – Определение скорости подвигания очистного забоя в зависимости от шага обрушения кровли по Иванову А.С.

Тогда, имея все исходные данные, высоту зоны расслоений вычисляем по формуле $H_p = \frac{2 \cdot L}{V_3} V_d$ [6] и она равна 220 м.

По графику видим, что высота зоны расслоений разделяет массив горных пород на две части – где скорость развития деформаций меньшая (ниже зоны расслоений) и где эта скорость большая (выше зоны расслоений).

На основании этого графика также можно определить скорости для пород в массиве, используя стратиграфическую колонку.

Таблица 3 – Скорость развития деформаций растяжений в породах в зависимости от глубины разработки

Песчаник			Сланцы		
Глубина, м	Мощность, м	Скорость V , м/сут	Глубина, м	Мощность, м	Скорость V , м/сут
50	6,6	37			
86,3	6,6	27	83	3,3	27
92,9	13,2	27	139,6	3	11,5
109,9	26,4	23	163,2	6,5	16
142,9	19,8	11,5	183	4,9	11,5
169,8	13,2	14,5	226,4	3	7,5
209,9	3,3	8	235	3	8,5
250	6,6	9,5	259,9	10	10
283	6,6	5,5	295	6,5	4,5
289,6	6,6	5	319,8	3	6
303,3	16,5	4,5	336,3	3	6
326,4	9,9	7	323,1	3	6,5

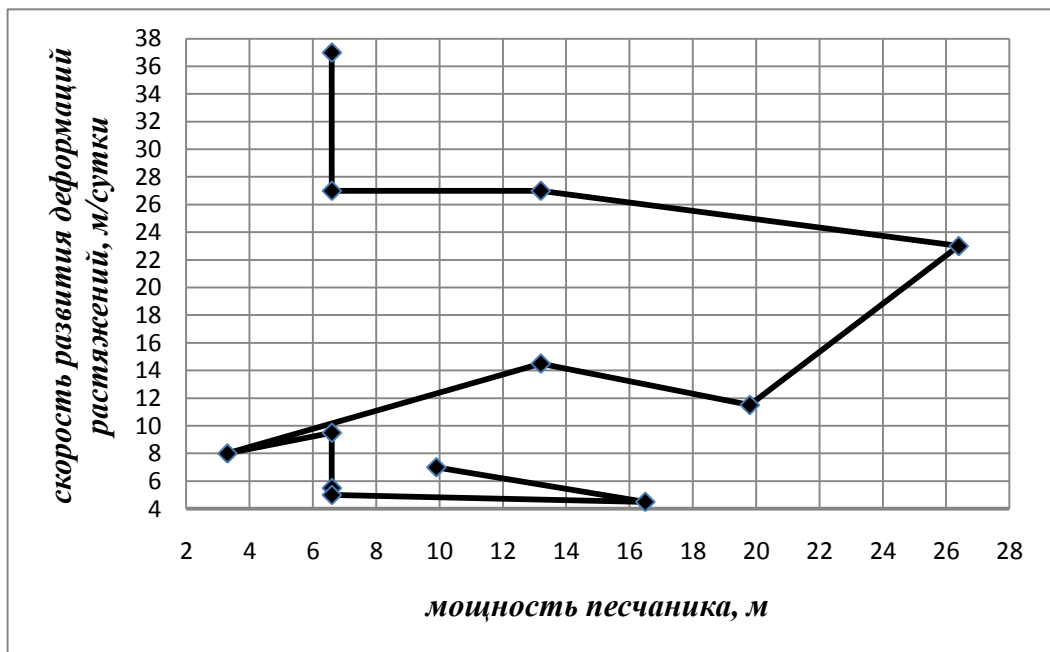


Рис. 3 – Распределение величин скорости развития деформаций растяжений по мощности песчаника

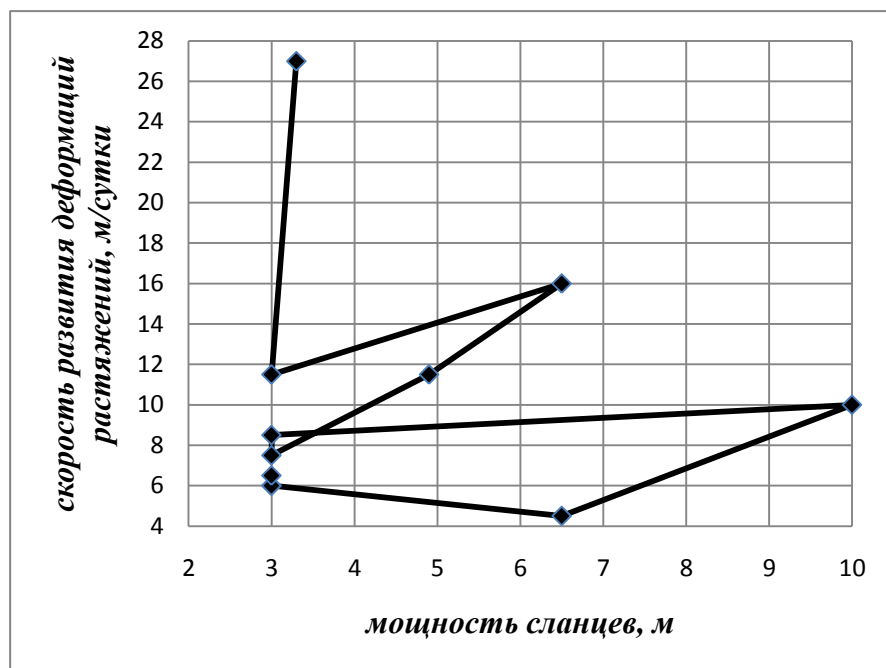


Рис. 4 – Распределение величин скорости развития деформаций растяжений по мощности сланцев

В нарушенном массиве скорость развития деформаций была определена на основе геодезических измерений, выполненных польским ученым А. Ковальски. Эти измерения выполнялись на польской шахте «Сташиц» на поверхности над разрабатываемыми лавами [3]. На основании этих инструментальных измерений нами определена скорость развития деформаций, которая составила 17 м/сутки. В таблице 4 приведены горно-геологические условия

шахт, на которых производились исследования.

Таблица 4 – Горно-геологические условия шахт

Параметры	Шахта «Глубокая», Украина	Шахта «Сташиц», Польша
Способ управления кровлей	Полное обрушение	Полное обрушение
Протяженность лавы, м	400	300
Глубина разработки, м	541	550-580
Мощность пласта, м	1,15	2,10
Месячное подвигание лавы, м	20	78-186

Выводы:

1. Проведенные исследования свидетельствуют, что скорость перемещения деформаций в ненарушенном массиве, установленная на основе инструментальных наблюдений, составляет в породах слабой степени метаморфизма 6-10 м/сутки, средней 10-15 м/сутки, высокой 15-20 м/сутки и более.

2. На основе наблюдений Кулибабы С.Б. установлено, что скорость в породах средней степени метаморфизма составляет около 15 м/сутки.

3. Средняя скорость перемещения деформаций в сланцах составляет 10 м/сутки, а для песчаника – 15 м/сутки.

4. В разрушенных породах средней степени метаморфизма при повторной подработке скорость перемещения деформаций составляет 17 м/сутки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четверик М.С., Андрощук Е.В. Теория сдвижения массива горных пород и управления деформационными процессами при подземной выемке угля. Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАНУ. Днепропетровск, 2004. - 150с.

2. Кулибаба С.Б. Исследования скорости распространения процесса сдвижения в подрабатываемом массиве горных пород / Кулибаба С.Б. // Вісті Донецького гірничого інституту. – Донецьк: ДонНТУ, 2004. - №1. – С. 78-82.

3. Ковальски А. Деформация поверхности над быстро подвигающимся фронтом горных работ // Доклады IX Конгресса ISM, Прага 18-22 апреля 1994г. – С. 320-329.

4. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на угольных месторождениях. Утв. Минуглепром СССР. М.: Недра, 1981. – 288 с.

5. Иванов О.С. Закономірності зміни стійкості підготовчих виробок вугільних шахт з урахуванням швидкості посування вибою лави: Автореф. дис...к-та техн. наук. – Дніпропетровськ, 2011. – 18с.

6. Четверик М.С., Синенко М.А., Четверик И.В. Горное давление и сдвижение массива горных пород при выемке угля // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників – 2010». – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2010. – С. 239 – 248.

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВНОМ ОСВОЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

Проанализовано основні положення, проектні завдання, техніко-економічні обґрунтування і техно-робочі проекти, виконані в різні роки ДП «ДП «Кривбаспроект» з метою розкриття запасів родовищ, розробки і подальшого нарощування потужностей гірничо-збагачувальних комбінатів. Історичний екскурс прийнятих рішень по проектуванню ГЗК зумовлює вибір раціональної технології видобутку руди на рівні комплексного використання мінеральних ресурсів родовища. Запропоновані схеми ведення гірничих робіт мають рекомендаційний характер

TO THE QUESTION ABOUT PERSPECTIVE DEVELOPMENT OF TECHNOGENIC DEPOSITS OF MINING-CONCENTRATE PLANTS

Substantive provisions, project tasks, feasibility studies and technic-work projects, executed in different years by SE «SPI «Krivbassproekt» are analyzed in this article with the purpose of the deposits reserves opening, development and further power increase of mining-concentrate plants. Historical digression of the accepted decisions on planning of MCPs predetermines the choice of rational technology of ore extraction at the level of the complex use of mineral resources of the deposit. The offered charts of conduction of mountain works have recommendation character.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Обеспечение добычи или обособленного временного складирования попутно извлекаемых вскрышных пород необходимо осуществлять на государственном уровне.

Разработка государственных стандартов отработки месторождений полезных ископаемых и стимулирование предприятий горно-металлургического комплекса за счет усовершенствования экономических и организационных факторов предполагается расчетом коэффициента комплексности $K_{ком}$ использования минеральных ресурсов месторождения, который определяется по формуле (1)

$$K_{ком} = \frac{N}{N'}, \quad (1)$$

где N и N' – количество полезных компонентов или видов вскрышных пород данного месторождения, которые соответственно используются и могут быть использованы [1].

В наше время существует ряд горных предприятий, на которых используются некоторые виды вскрышных пород, но в незначительных объемах (в сравнении с запасами и потребностями регионов). В этих случаях оценка полноты использования ресурсов месторождения коэффициентом комплексности будет односторонней. Необходимо учитывать и количественную сторону.