

КЛАССИФИКАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВСКРЫШИ

Предложена классификация коэффициентов вскрыши. Введено понятие технологического коэффициента вскрыши. Углублено понятие граничных коэффициентов вскрыши с выделением граничных допустимого, сравнительного, уточненного.

Ключевые слова: коэффициенты вскрыши: средний, контурный, эксплуатационный, технологический, граничный.

Вотрытых горных работах имеется понятие, которое при-
суще только им – это коэффициент
вскрыши. Коэффициент вскрыши (КВ)
показывает, какое количество вскрыш-
ных (пустых) пород необходимо вы-
нуть из недр и переместить в отвалы
для добычи единицы руды в тех или
иных конечных или промежуточных
технологических контурах карьера.
Он является одной из основных ха-
рактеристик горногеологических ус-
ловий и его величина сильно влияет
на удельные затраты добычи полезно-
го ископаемого на конкретном место-
рождении и в конкретный период.

Коэффициентов вскрыши множе-
ство и существует несколько их раз-
новидностей и оттенков, применяемых
в различных ситуациях, которые рас-
крываются в уточняющих понятиях и
индексах. Причем для коэффициентов
вскрыши до сих пор отсутствует еди-
ный терминологический подход. Ряд
понятий несколько размыт и приме-
няется в различных монографиях или
статьях для обозначения разных КВ.
А некоторые коэффициенты вскры-
ши определяется несколькими, иногда
разными, хотя и интуитивно близкими,
понятиями.

Существо применяемых КВ пони-
мается читателями из контекста изло-
жения книг или статей.

Описывая с помощью коэффици-
ентов вскрыши различные производ-
ственные проблемы и задачи, горняки

интуитивно применяют те уточняю-
щие категории, которые считают пра-
вильными и понятными из контекста
в конкретной ситуации. Поэтому,
если любой горняк положит на стол
два-три классических учебника или
справочника по Горному делу, то он
в сопоставлении источников может
отметить терминологическую нераз-
бериху, хотя и, скорее всего, не при-
даст ей большого значения.

Решая различные практические
задачи проектирования и планиро-
вания открытых горных работ, автор
столкнулся с тем, что он был также
вынужден (для утилитарных целей
своих предпроектных и календарных
проработок) определять новые и уточ-
нять старые коэффициенты вскрыши,
используя традиционные понятия.
А это иногда вызывало протест у за-
казчиков-производственников: «А это
еще что за коэффициенты вскрыши:
текущий и эксплуатационный? Чем
они отличаются?.. А что такое контур-
ный торцевой коэффициент вскры-
ши? А контурный общий?.. А почему
у тебя различаются граничный и эко-
номически допустимый коэффициент
вскрыши? Ведь это же одно и то же!?!
Давай заглянем в справочник!» И при-
ходилось терпеливо разъяснять, рас-
крывать контекст, самому при этом все
более и более погружаясь в осмысле-
ние уточняющих понятий и категорий.

Целью данной статьи является из-
ложение принципов и особенностей

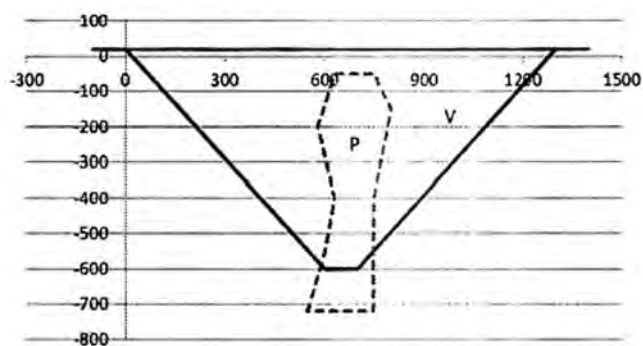


Рис. 1. Средний коэффициент вскрыши

непротиворечивой концепции взаимосвязей различных коэффициентов вскрыши, претендующей на некую систему, т.е. классификацию. Излагается видение, сформировавшееся за годы многолетней исследовательской научной теоретической и прикладной работы.

Не претендуя на абсолютную полноту, т.к. жизнь развивается и подбрасывает все новые и новые вопросы, и на абсолютную терминологическую корректность, т.к. здесь тоже далеко еще до красоты и полной логичности, постараемся навести хоть какой-то относительный порядок в многообразии понятий коэффициентов вскрыши.

Думается, что терминологическая определенность может помочь в раскрытии тонкостей решения ряда практических задач проектирования карьеров и долгосрочного планирования развития открытых горных работ на карьерах.

1. Понятие о коэффициенте вскрыши

В общем случае под коэффициентом вскрыши понимают отношение объема или массы вскрышных пород, находящихся в контурах карьера (или промежуточных контурах), к объему или массе полезного ископаемого в тех же контурах.

Например, на рис. 1 представлен средний коэффициент вскрыши.

$$KB_c = V/P \text{ м}^3/\text{м}^3, \text{ м}^3/\text{т}, \text{ т}/\text{т},$$

где V – объем (м) или масса (т) вскрышных пород (вскрыши) в контурах карьера, P – объем (м³) или масса (т) полезного ископаемого (руды) в этих же контурах.

При этом в зависимости от единиц измерения KB имеет три размерности: объемную, весовую и объемно-весовую. На угольных

разрезах и железорудных карьерах технологические объемы производства характеризуются чаще всего объемно-весовыми коэффициентами вскрыши (м³/т), т.к. добычу руды оценивают в тоннах, а извлечение вскрыши – в кубических метрах. На карьерах строительных материалов и иногда на рудных карьерах применяют весовые коэффициенты вскрыши (т/т). На меднорудных карьерах и при проектировании и решении различных технологических задач на рудных карьерах применяются объемные коэффициенты вскрыши (м³/м³). Часто бывает так, что на добывающем производстве могут использоваться все три размерности коэффициентов вскрыши одновременно для решения различных задач.

Возникает задача преобразования размерностей коэффициентов вскрыши, что удобнее всего рассмотреть на примере: физико-механические свойства (в том числе и плотность, т/м³) руд и вскрышных пород бывают и одинаковыми, но часто различаются. Например: плотность руды, $\gamma_p = 3,5 \text{ т}/\text{м}^3$, а плотность вскрыши $\gamma_b = 2,7 \text{ т}/\text{м}^3$. Объемный KB составляет $10 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Необходимо определить объемно-весовой и весовой KB .

Цепочка преобразований примет вид:

$$KB = 10 \text{ м}^3/\text{м}^3 = 10/3,5 = 2,77 \text{ м}^3/\text{т} = 2,77 \cdot 2,7 = 7,5 \text{ т}/\text{т}.$$

Если для тех же руд и пород весовой KB будет равен 10 т/т, то цепочка преобразований примет вид:

$$KB = 10 \text{ т/т} = 10/2,7 = 3,7 \text{ м}^3/\text{т} = 3,7 \cdot 3,5 = 12,9 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Как наглядно видно из примера, при сопоставлении даже одних и тех же коэффициентов вскрыши следуют обращать внимание на размерность. И 10 м³/м³ чаще всего не равно 10 т/т.

2. Разновидности коэффициентов вскрыши

Для первого ознакомления с многообразием коэффициентов вскрыши используем предлагаемый терминологический подход для наиболее широко применяемых в горном деле KB : среднему, первоначальному, среднеэксплуатационному, эксплуатационному, технологическому, контурному и граничному коэффициентам вскрыши.

Средний (промышленный) коэффициент вскрыши – отношение общего объема (или массы) вскрышных пород V в конечных контурах карьера к эксплуатационным запасам руды P в контурах карьера:

$$KB_c = V/P$$

Следует отметить, что кроме среднего промышленного KB , который учитывает потери и разубоживание руды при добыче, иногда выделяют еще и средний геологический KB , который определяется при делении на геологические запасы. Но так как средний геологический KB практически неприменим горняками для технологических целей, то чаще всего под средним KB понимают именно средний (промышленный) KB , опуская по умолчанию «промышленный». При этом при равенстве и малых величинах потерь и разубоживания, что характерно для

открытых горных работ, геологические промышленные запасы руды практически равны эксплуатационным, т.е. $KB_{\text{СПром}} \approx KB_{\text{СГеол}}$.

Первоначальный коэффициент вскрыши – отношение объемов вскрыши, извлекаемых в строительный период и относящихся к горнокапитальным работам (ГКР), ко всем запасам полезного ископаемого. Добычу ПИ в период строительства не учитывают.

$$KB_o = V_o/P$$

Среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши – средний за весь период эксплуатации карьера KB после исключения объемов ГКР. Можно отметить, что сумма первоначального KB и среднеэксплуатационного KB составляет средний KB , т.е. $KB_c = KB_o + KB_{\text{СЭ}}$.

$$KB_{\text{СЭ}} = (V - V_o)/P$$

Эксплуатационный коэффициент вскрыши – плановый или фактический (отчетный) KB в какой-либо конкретный год или период разработки месторождения – это отношение объема вскрыши ΔV_i намечаемого к извлечению (для эксплуатационного планового KB) или извлеченного из карьера за определенный период времени i , к объему (или массе) полезного ископаемого ΔP_i намечаемого к извлечению или извлеченного за тот же период работы карьера. Часто эксплуатацион-

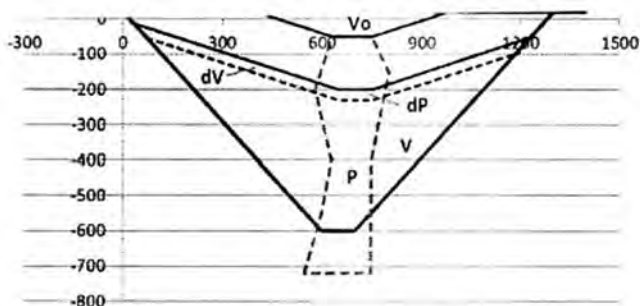


Рис. 2. Начальный и эксплуатационный коэффициент вскрыши

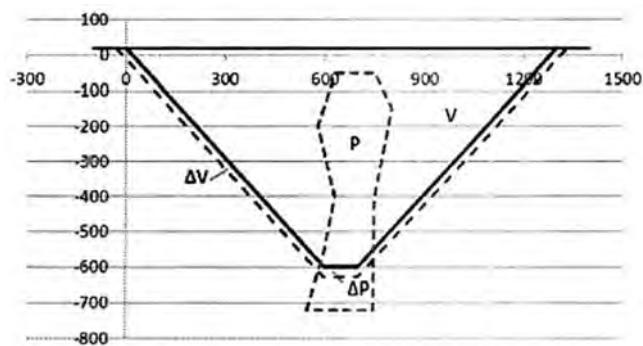


Рис. 3. Контурный коэффициент вскрыши

ный KB представляется без обозначения первого (родового) индекса.

$$KB_i = dV_i / dP_i$$

Погоризонтный коэффициент вскрыши – слоевой при горизонтальных слоях KB при высоте слоя, как правило, равной высоте уступа – «технологический» KB при угле наклона рабочей зоны $\varphi = 0^\circ$.

$$KB_{\Pi} = V_j / P_j$$

где V_j и P_j – соответственно, объемы вскрыши и руды в j -ом технологическом слое (уступе или горизонте).

Контурный коэффициент вскрыши – KB в прирезке между двумя вариантами конечного контура – отношение приращения объемов вскрыши к приращению объемов $ПИ$ при переходе границ карьера в новые контура.

$$KB_K = \Delta V_K / \Delta P_K$$

Это соотношение между объемами пород вскрыши и полезного ископаемого при углублении карьера на единицу глубины (уступ или м).

Граничный коэффициент вскрыши – расчетный предельный KB , по которому определяются границы карьера. Если все предыдущие KB являются геометрическими (пространственными), то граничный является экономическим KB . Он представляет собой расчетную натуральную величину

экономически замыкающих условий, по которым определяются границы карьера.

Иногда применяют еще плановый коэффициент вскрыши как коэффициент «погашения» вскрыши, по которому осуществляется списание затрат на вскрышные работы. Необходим этот KB для снижения отчетной себестоимости руды. Обычно его не выделяют, т.к. погашение

вскрышных работ осуществляется по фактическому эксплуатационному KB , но в отдельных случаях (например, во время пиковых объемов вскрышных работ с максимальной себестоимостью, перед периодом снижения вскрышных работ) плановый KB может быть несколько ниже эксплуатационного KB . Оставшиеся объемы вскрыши учитываются как долгосрочные капвложения (по типу ГКР), и начинают погашаться в период спада вскрышных работ.

Отметим, что этот коэффициент терминологически правильнее было бы называть коэффициентом «погашения» вскрыши.

3. Углубление понятий коэффициентов вскрыши

Представленная выше система определений KB близка к используемому ранее (табл. 1) и содержит в себе лишь некоторые небольшие уточнения, стремясь снять ряд разночтений и противоречий. Так, например, определяемый в ранних классификациях KB как «эксплуатационный» KB [1, 2, 4], является «средним за период эксплуатации» у других авторитетных авторов KB [3, 4, 7], т.е. «среднеэксплуатационным» [5]. А «текущему» KB [1, 2, 4, 5, 6, 7] более подходит термин «эксплуатационный» KB [3, 6], т.е. KB в процессе эксплуатации.

Таблица 1

Соотношение предлагаемой терминологии с подходами других авторов

Предлагаемые термины	«Шешко Е.Ф.» 1960 [1]	«Мельников Н.В.» 1974 [2]	Арсентьев А.И., 1970 [3]	Хохряков В.С., 1974 [4]	Ржевский В.В., 1975 [5]	ОГР 1994 [6]	Анистратов Ю.И. 2003 [7]
Средний	Средний, промышленный	Средний	Средний	Средний	Средний	Средний	Средний, промышленный
Первоначальный	Первоначальный	Первоначальный	Первоначальный		Первоначальный	Первоначальный	Первоначальный
Средний эксплуатационный	Эксплуатационный	Эксплуатационный	Средний эксплуатационный	Средний эксплуатационный	Средне-эксплуатационный	Эксплуатационный	Средний эксплуатационный
Эксплуатационный	Текущий	Текущий	Эксплуатационный	Эксплуатационный	Текущий	Текущий	Текущий, рабочий
Технологический			Текущий	Слоевой (при наклонном слое)			
Погоризонтный	Слоевой	Слоевой		Слоевой		Слоевой	Слоевой
Контурный	Контурный, погоризонтный, поуступный	Контурный, погоризонтный, поуступный	Контурный	Контурный,	Контурный	Контурный, погоризонтный, поуступный	Контурный
Граничный	Граничный, предельный, допустимый	Граничный, предельный, допустимый	Граничный	Граничный	Граничный	Граничный, предельный, допустимый	Граничный, предельный
Погашения	Плановый, погашения	Плановый, погашения		Плановый	Плановый	Плановый, погашения	Плановый

Другая, несколько более принципиальная, терминологическая «коллизия» между «текущим» и «эксплуатационным» коэффициентами вскрыши представлена в одном из последних (1994) сводных справочников по открытым горным работам [6].

В нем «текущим» («эксплуатационным фактическим» в соответствии с предлагаемым квалификационным подходом) KB названо «отношение объема вскрышных пород (m^3), фактически перемещенных из массива в отвалы за какой-либо период времени (месяц, квартал, год), к фактически

добытому за этот же период времени объему полезного ископаемого (m^3)».

А «эксплуатационным» («эксплуатационный плановым» по предлагаемому подходу) – «расчетное отношение объема вскрышных пород к объему полезного ископаемого за определенный период эксплуатационных работ в карьере или на его участке». Если вдуматься, то станет понятно, что фактически это один и тот же KB , но представленный двумя разновидностями – «эксплуатационным» расчетным (т.е. плановый) и фактическим (отчетным текущим i -го года).

Но сами по себе термины, какими бы точными они не были, не могут удовлетворить потребности проектирования и планирования открытых горных работ – необходимо некоторое углубление понятий. Нечеткость применяемой терминологии связана с тем, что почти каждый *КВ* сам по себе не является элементарным понятием, т.е. характеризует не одно, а несколько близких понятий, иногда существенно различающихся.

3.1. Средние коэффициенты вскрыши

Возьмем для начала самый традиционный и главный *КВ* – средний *КВ*. Обычно его определяют на стадии предпроектных исследований и проектирования и он является одной из главных характеристик горногеологических условий (*ГГУ*) месторождений.

Но вот горнодобывающее предприятие вступило в строй, месторождение начало отрабатываться и за некий период времени к концу *i*-го года (например: 2005-го) из карьера извлечено некое количество руды и вскрыши. Проф. А.И. Арсентьев назвал отношение извлеченных из карьера объемов вскрыши к объемам руды средним с начала разработки *КВ* [3]:

$$KB_{ср\bar{i}} = (\sum V_i - V_o) / \sum P_i.$$

Если из объемов вскрыши исключить объемы *ГКР* (V_o), то оставшиеся объемы дадут эксплуатационный средний с начала разработки *КВ*:

$$KB_{с\bar{э}H_i} = \sum V_i / \sum P_i.$$

Этот коэффициент вскрыши (при сравнении его с эксплуатационным проектным *КВ*) характеризует степень отставания объемов вскрышных работ от проектного графика.

А как рассматривать отношение оставшихся по состоянию на начало *i*-го года в контуре карьера объемов руды и вскрыши. На практике эти объ-

емы называют остаточными по состоянию на какую-либо дату. А получаемый при этом коэффициент вскрыши может быть назван средним остаточным *КВ* *i*-го года $KB_{соi}$. Этот *КВ* характеризует среднюю эффективность доработки запасов месторождения в существующих проектных границах.

Без обращения внимания на данные коэффициенты вскрыши в производственной практике наблюдаются даже такие казусные случаи, когда проектировщики задают эксплуатационный *КВ* ниже среднего *КВ* без выделения пространственного этапа. И предприятие работает с заданными объемами добычи десятилетиями неизвестно в каких промежуточных и конечных границах, не подозревая и не задумываясь о недопустимости такой ситуации. Получается, что, как в библейской истине: «слепой ведет слепого». Низкий уровень качества проектных проработок приводит к случайным и систематическим ошибкам проектирования (при определении ключевых системообразующих параметров карьеров), которые не выявляются из-за отсутствия проверочных методов и недостаточного внимания вопросам долгосрочного планирования на производстве.

3.2. Эксплуатационные коэффициенты вскрыши

Эксплуатационные коэффициенты вскрыши представляют собой *КВ*, с которыми должно работать (эксплуатационный плановый *КВ*) или работает (эксплуатационный фактический *КВ*) горнодобывающее производство.

При этом можно выделить:

- (эксплуатационный) проектный плановый *КВ* первого (второго, третьего) периода – $KB_{(э)П\ I}$ ($KB_{(э)П\ II}$, $KB_{(э)П\ III}$).
- (эксплуатационный) плановый, т.е. запланированный *КВ* *i*-го года – $KB_{(э)П\ i}$,

• (эксплуатационные) фактические (отчетные) KB какого-либо периода или года – $KB_{(Э)Ф i}$ и $KB_{(Э)Ф i}$.

Следует еще иметь ввиду, что когда речь в публикациях идет только о проектных и плановых или только об фактических показателях, то горняки применяют и думается что будут и далее применять правило опускания промежуточных и добавочных индексов. Так по умолчанию опускали индекс и термин KB , который ранее определялся как «текущий»

KB , а предлагается называть «эксплуатационным» KB . По умолчанию может опускаться и «плановый», если речь идет только о них $KB_{I(п. ш)}$. Также по умолчанию может опускаться «фактический» – KB_{2004} , KB_{2005} и т.д.

Так термин «эксплуатационного» KB и его обозначение без родового индекса был введен А.И. Арсентьевым в классическом труде «Определение производительности и границ карьера» [3], в котором рассматривается метод усреднения эксплуатационного KB построением интегрального (суммарного) графика развития горных работ $V = f(P)$.

Именно из-за «умалчивания» (опускания) родового индекса «эксплуатационный» и наличия индекса года разработки этот KB в классических системах определений определялся как «текущий». Но термин «текущий» в качестве родового понятия не очень удобен, т.к. им не раскрывается сущность понятия, а лишь только его характеристика – текущий KB такого-то года. Гораздо четче этот коэффициент вскрыши определяется как «эксплуатационный» А.И. Арсентьева, т.к. это отражает его производственную сущность. Вместо «текущего» (i -го

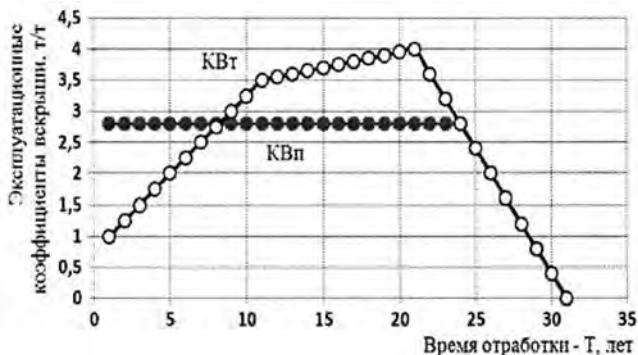


Рис. 4. Типовая форма дифференциального графика режима горных работ для карьера на крутопадающем месторождении: до (KB_t – технологический KB) и после ($KB_{п}$ – (эксплуатационный) плановый KB) выравнивания

года) KB гораздо определеннее будет звучать «эксплуатационный фактический (или плановый)» KB (i -го года).

3.3. Технологические коэффициенты вскрыши

Среди эксплуатационных KB , а точнее плановых эксплуатационных KB , можно выделить еще один класс KB , который проф. А.И. Арсентьев [3] назвал «текущим».

Этот «текущий» коэффициент вскрыши (фактически – эксплуатационный плановый при постоянном предельном угле наклона рабочего борта карьера (φ_{max}) рассматривался А.И. Арсентьевым как исследовательский для выравнивания режима горных работ и обоснования (эксплуатационного) проектного/планового KB (рис. 4).

Однако термин «текущий» не очень точен при обозначении данного KB , т.к. понятие получается нечетким.

Технологический коэффициент вскрыши – это слоевой при наклонных (или горизонтальных) слоях KB при углубке рабочей зоны карьера на один или несколько уступов при постоянном угле наклона рабочей зоны φ (см. рис. 2). Отличие технологиче-

ского KB от эксплуатационного заключается в том, что, во-первых, эксплуатационный KB рассматривается относительно временных периодов (годов), а технологический KB относительно циклов углубки (уступов) и, во-вторых, угол наклона слоев при определении технологического коэффициента вскрыши остается постоянным, в то время, как при эксплуатационном KB угол наклона рабочей зоны может быть переменным в начале и конце рассматриваемого периода.

Именно различие существа эксплуатационного и (эксплуатационного) технологического KB позволяет поставить вопрос о выделении последнего в отдельный класс коэффициентов вскрыши.

Технологический KB применяется для проработок по долгосрочному планированию при усреднении эксплуатационных коэффициентов вскрыши с помощью интегрального графика развития горных работ $V_{\min} = f(P)$ (предложенного проф. Ленинградского горного института (ныне – Санкт-Петербургского государственного горного института – Технического университета) А.И. Арсентьевым [3]) при углубке с технологически предельными для данного карьера углами наклона рабочей зоны карьера.

$$KB_{Tj} = \Delta V_j / \Delta P_j, \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

где ΔV_j и ΔP_j – «слоевые» объемы вскрыши и руды j -го слоя).

Этот KB зависит от угла наклона рабочей зоны карьера φ , который определяется параметрами принятой горной и транспортной техники, т.е. технологии. Поэтому можно различать $KB_{T\varphi}$, например: KB_{T12} , KB_{T10} , KB_{T15} , для углов наклона рабочего борта, соответственно, 12, 10 и 15°. Следует отметить, что этому обозначению иногда может добавляться еще и пространственно-временной индекс j -го горизонта или i -го года, напри-

мер: $KB_{T20\ 2005}$ – технологический KB с углом наклона рабочей зоны карьера 20° 2005 г.; или $KB_{T20\ 15}$ то же самое при вскрытии 15-го горизонта от поверхности. Правда потребоваться описание этого KB может встретиться крайне редко, т.к. эти индексы чаще располагаются в шапке таблицы исследовательского дифференциального режима горных работ или KB вообще представляется графически.

При этом при новом подходе погоризонтный KB является технологическим при φ , равном нулю градусов, для j -го горизонта (цикла углубки) – KB_{T0j} .

Кроме «угловых», т.е. связанных с углами наклона рабочей зоны карьера, технологических KB можно выделить еще и технологический текущий KB (KB_{TT}), применяемый для характеристики текущего состояния рабочей зоны карьера, и получаемый при гипотетической углубке сложившейся рабочей зоны карьера по направлению углубки без изменения его формы на один уступ или на бесконечно малую величину. В пределе KB_{TT} является отношением площади горизонтальной проекции текущей рабочей зоны карьера (S_{P3}) к площади текущей горизонтальной проекции выходов рудного тела к рабочую зону карьера (S_P) за вычетом единицы:

$$KB_{TT} = S_{P3} / S_P - 1, \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

При этом он будет иметь, фактически, площадную размерность ($\text{м}^2/\text{м}^2$). Однако, если углубку предусматривать на гипотетически малую величину (например на 1 м или даже на 0,01 м), то размерность превращается в традиционную для открытых горных работ ($\text{м}^3/\text{м}^3$).

Сравнение KB_{TT} с (эксплуатационным) плановым или фактическим KB i -го года ($KB_{\text{ЭП}i}$ или $KB_{\text{ЭФ}i}$) показывает, достаточно ли техники и эксплуатационного KB для углубки рабочей зоны карьера без ухудшения ее состояния.

Если $KB_{\text{тт}} < KB_{(\text{эп})\text{п}}$, то состояние рабочей зоны карьера улучшится.

Если же $KB_{\text{тт}} > KB_{(\text{эп})\text{п}}$, то состояние рабочей зоны карьера объективно ухудшится за счет сокращения созданного ранее опережения вскрышных работ.

3.4. Контурные коэффициенты вскрыши

При переходе к контурным коэффициентам вскрыши в горняцкой литературе уже более-менее сформировалась уточняющая терминология, и остается лишь ее описать.

К.А. Кумачев ввел понятие *контурного линейного KB* как KB для графо-аналитического определения границ карьера на поперечных разрезах [8]. Он же ввел понятие *контурного торцевого KB*, применяемого для оптимизации местоположения торца карьера при сохранении глубины неизменной.

М.Г. Саканцев предложил *контурный общий KB* [9], получаемый при минимально малой углубке карьера в целом. Он же предложил понятие *объемно-контурного KB*, который следует применять при анализе прирезок между двумя вариантами границ карьера, каждый из которых определяется по принципу равенства контурного и граничного KB , но имеет разную длину дна.

3.5. Граничные коэффициенты вскрыши

Себестоимость руды в процессе добычи C_p складывается из себестоимости добычи собственно себестоимость добычи руды C_d (бурение, взрывание, экскавация, транспортирование, маркшейдерское сопровождение, эксплуатация, осушение, цеховое обслуживание, погашение ГКР) и себестоимости извлечения вскрыши C_v (бурение, взрывание, экскавация, транспортирование), помноженной на (эксплуа-

тационный) коэффициент вскрыши фактического i -го года KB_i .

$$C_p = C_d + KB_i \cdot C_v.$$

Если решить данную формулу относительно KB в качестве общей себестоимости руды приняв максимально допустимую, при которой затраты на добычу и переработку руды равны оптовым ценам, получится граничный (экономически) допустимый (или экономически допустимый) коэффициент вскрыши – KB , при котором себестоимость добычи руды будет равна предельной (допустимой по экономическому фактору):

$$KB_{\text{ГД}} = (C_{p \text{ доп}} - C_d) / C_v.$$

Если же вместо $C_{p \text{ доп}}$ подставить себестоимость добычи руды подземным рудником $C_{\text{п}}$, то получится граничный сравнительный (с подземными горными работами) коэффициент вскрыши – отношение количества пустых пород к $ПИ$, при котором себестоимость добычи $ПИ$ карьером равна себестоимости добычи подземным рудником (шахтой).

$$KB_{\text{ГС}} = (C_{\text{п}} - C_d) / C_v.$$

Если же граничный коэффициент при определении границ принят по аналогии с другим проектом, то такой граничный KB следует называть граничным по аналогу – $KB_{\text{ГА}}$.

Если присмотреться к данным коэффициентам, то можно увидеть, что это разные граничные коэффициенты.

По принципу равенства контурного и граничного допустимого KB ($KB_k = KB_{\text{ГД}}$) определяются границы открытой разработки для относительно бедных руд, для которых подземный рудник изначально нерентабелен, а по равенству контурного и граничного сравнительного с $ПГР$ ($KB_k = KB_{\text{ГС}}$) определяются границы карьеров для ценных и богатых руд, для которых подземный рудник рентабелен.

Ну а $KB_{\Gamma A}$ следует применять лишь на первых стадиях проектирования вместо одного из двух предыдущих граничных KB , пока не получены расчетные значения KB_{Γ} .

Следует отметить, что данная «коллизия» различия данных граничных KB до недавнего времени почти полностью игнорировалась проектировщиками, все такие KB – «предельный», «допустимый», «экономически допустимый», «максимальный» и др. подобные, – в справочниках обозначаются как синонимы «граничного» KB . Ну а это не могло не приводить к тому, что вместо одних граничных KB к определению границ принимались другие, не соответствующие условиям конкретных месторождений. При этом, так как границы карьера являются одним из ключевых системообразующих параметров, это не могло не приводить к существенным

просчетам в проектировании горнодобывающих предприятий и существенно-му снижению эффективности ОГР [10].

Впрочем, приведенные рассуждения являются отчасти преждевременным углублением в проблематику.

4. Классификация коэффициентов вскрыши

Прежде чем перейти непосредственно к классификации (табл. 2), необходимо ответить на вопрос: для чего она нужна, если ранее как-то обходились без нее?

Данный вопрос является общим для всех классификаций и когда они уже есть, то над этим даже не задумываются. Но классификации коэффициентов вскрыши не было – были только немного различающиеся системы определений, не очень полные, строгие и четкие.

Таблица 2

Классификация коэффициентов вскрыши

Класс KB	Виды KB
Средние KB	KB_c – средний (промышленный) KB KB_{cr} – средний геологический KB KB_o – первоначальный KB $KB_{сэ}$ – среднеексплуатационный KB $KB_{ch i}$ – средний с начала отработки в i -ом году разработки KB $KB_{со i}$ – средний остаточный в i -ом году разработки KB KB_{CI} – средний KB первого этапа
Эксплуатационные KB	$KB_{\Pi 1}$ – (плановый или проектный) эксплуатационный KB первого этапа $KB_{\Pi i}$ – плановый эксплуатационный KB i -го года $KB_{\Phi i}$ – фактический эксплуатационный KB i -го года
Технологические KB	$KB_{T_{15j}}$ – технологический KB при угле наклона рабочей зоны карьера 15° для j -ого цикла углубки (уступа) $KB_{T_{12j}}$, $KB_{T_{18j}}$ – то же (для примера) для углов наклона рабочей зоны карьера 12° и 18° KB_{Toj} – технологический KB при угле наклона рабочей зоны карьера 0° – погоризонтный (или слоевой) KB KB_{Ti} – технологический текущий i -ого года KB
Контурные KB	KB_{ko} – контурный общий KB KB_{kl} – контурный линейный KB KB_{kt} – контурный торцевой KB KB_o – объемно-контурный KB
Граничные KB	KB_{TC} – граничный сравнительный с подземным рудником KB $KB_{\Gamma d}$ – граничный (экономически) допустимый KB $KB_{\Gamma A}$ – граничный по аналогии KB

Классификация коэффициентов вскрыши необходима для четкого и однозначного задания конкретного *КВ* во всем многообразии *КВ*, а также для использования этого понятия для объяснения какого-либо довольно сложного вопроса, который было бы трудно раскрыть без наличия классификации и четкого понятия.

Например, автора заставила обратиться к классификации не любовь к красоте и логике, а конкретные горняцкие задачи, для раскрытия которых приходилось уточнять традиционные понятия, вводить новые и, в итоге, представить их в цельной системе, сняв, по возможности, терминологические сущностные противоречия.

Постепенное преодоление терминологической нечеткости и противоречивости способно несколько облегчить дальнейшее совершенствование теории проектирования карьеров.

Задачам определения границ карьеров, обоснования режима горных работ и долгосрочного планирования, которые помогли выйти на столь дерзкий шаг, как создание классификации, будут посвящены другие обобщающие статьи автора, которые предполагается вынести на суд горняцкой общественности в ближайшее время.

А сама классификация, после того, как она будет выверена и, возможно, дополнена, должна способствовать дальнейшему углублению представлений о карьере как о сложной системе – сверхсложном, большом и динамично трансформирующемся технологическом объекте – среде функционирования горной техники и технологии. Сложной системе как в проектировании, так и в управлении развитием, для понимания которой необходимо привлекать методологию Системного анализа и Теории сложных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по горнорудному делу. Т. 1: Открытые работы / Под ред. Е.Ф. Шешко, В.В. Ржевского. – М.: Гос. научн.-техн. изд. по горному делу, 1960. – 926 с.
2. Мельников Н.В., Воронина Л.Д., Демидок Г.П. Горное дело. Терминологический словарь. Изд. 2, перераб. и доп. – М.: Недра, 1974. – 528 с.
3. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. Изд. 2, перераб. и доп. – М.: Недра, 1970. – 320 с.
4. Хохряков В.С. Отрытая разработка месторождений полезных ископаемых. Изд. 3, перераб. и доп. – М.: Недра, 1974. – 264 с.
5. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Учебник для вузов. В 2-х частях. Часть 2. Технология и комплексная механизация. Изд. 4, перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 549 с.
6. Трубечкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е., Мельников Н.Н. и др. Справочник. Открытые горные работы. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.
7. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. Проектирование карьеров. Учебное пособие для вузов. – М.: Изд. НПК «Гемос Лимитед», 2002. – 176 с.
8. Кумачев К.А., Майминд В.Я. Проектирование железорудных карьеров. – М.: Недра, 1981. – 464 с.
9. Саканцев М.Г. Оптимизация границ глубоких карьеров цветной металлургии: Автореф. дисс. ... кандидата технических наук. – Свердловск, 1983. – 19 с.
10. Билин А.Л. Обоснование перехода от натуральных экономических кондиций к расчетным. 8 международный симпозиум «Горное дело в Арктике», Россия, Апатиты, 20–23 июня 2005. – СПб.: изд. «Иван Федоров», 2005. – 252–256 с. **ПЛАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Билин Андрей Леонидович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: bilin@goi.kolasc.net.ru, Горный институт Кольского научного центра РАН.

STRIPPING RATIOS CLASSIFICATION

Bilin A.L., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, e-mail: bilin@goi.kolasc.net.ru, Mining Institute of Kola Scientific Centre of Russian Academy of Sciences.

Stripping ratios classification is proposed. Concept of technological stripping ratio is presented. Notion of boundary stripping ratios was extended and the sub-division into acceptable, comparative and corrected boundary stripping ratios was made.

Key words: average, contour, operational, technological, boundary stripping ratios.

REFERENCES

1. *Spravochnik po gornorudnomu delu. T. 1. Otkrytye raboty.* Pod red. E.F. Sheshko, V.V. Rzhetskogo (Mining manual. Open-pit mining, vol. 1, Sheshko E.F., Rzhetskii V.V. (Eds.)), Moscow, Gos. nauchn.-tekhn. izd. po gornomu delu, 1960, 926 p.
2. Mel'nikov N.V., Voronina L.D., Demidyuk G.P. *Gornoe delo. Terminologicheskii slovar'.* Izd. 2 (Mining. Dictionary of technical terms, 2nd edition), Moscow, Nedra, 1974, 528 p.
3. Arsent'ev A.I. *Opredelenie proizvoditel'nosti i granits kar'erov.* Izd. 2 (Estimate of open-pit mine capacity and limits, 2nd edition), Moscow, Nedra, 1970, 320 p.
4. Khokhryakov B.C. *Otrytaya razrabotka mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh.* Izd. 3 (Open-pit mineral mining, 3rd edition), Moscow, Nedra, 1974, 264 p.
5. Rzhetskii V.V. *Otkrytye gornye raboty. Uchebnyk dlya vuzov. V 2-kh chastyakh. Chast' 2. Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya.* Izd. 4 (Open-pit mining. University text-book. In 2 parts. Part 2. Technology and all-around mechanization, 4th edition), Moscow, Nedra, 1985, 549 p.
6. Trubetskoi K.N., Potapov M.G., Vinitskii K.E., Mel'nikov N.N. *Spravochnik. Otkrytye gornye raboty* (Handbook. Open-pit mining), Moscow, Gornoe byuro, 1994, 590 p.
7. Anistratov Yu.I., Anistratov K.Yu. *Proektirovanie kar'erov. Uchebnoe posobie dlya vuzov* (Open-pit mine design. University education guidance), Moscow, Izd. NPK «Gemos Limited», 2002, 176 p.
8. Kumachev K.A., Maimind V.Ya. *Proektirovanie zhelezorudnykh kar'erov* (Open-pit iron ore mine design), Moscow, Nedra, 1981, 464 p.
9. Sakantsev M.G. *Optimizatsiya granits glubokikh kar'erov tsvetnoi metallurgii* (Optimization of deep open-pit mine limits in ferrous metallurgy), Candidate's thesis, Sverdlovsk, 1983, 19 p.
10. Bilin A.L. *8 mezhdunarodnyi simpozium «Gornoe delo v Arktike»*, Apatity, 20–23 iyunya 2005 (The 8th International Symposium on Mining in the Arctic Region, Apatity, 20–23 June 2005, Saint-Petersburg, Izd. «Ivan Fedorov», 2005, 252–256 p.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ КРУПНОМАСШТАБНЫХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА БАЗЕ СОЧЕТАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ

Мельник Владимир Васильевич – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой,
Васючков Юрий Федорович – доктор технических наук, профессор,
Ивков Максим Андреевич – аспирант,
Ютяев Андрей Евгеньевич – аспирант,
МГИ НИТУ «МИСиС», e-mail: msmu-prpm@yandex.ru.

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL BASIS FOR THE DESIGN OF MINING SYSTEMS THE RESERVES ARE LARGE COAL DEPOSITS ON THE BASIS OF A COMBINATION OF VARIOUS GEOTECHNOLOGIES

Mel'nik V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair,
Vasyuchkov Yu.F., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Ivkov M.A., Graduate Student,
Yutyayev A.S., Graduate Student,
Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», e-mail: msmu-prpm@yandex.ru.