



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

**Кафедра «Горные работы»**

**В. Н. Дешковский**

**РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА  
ДОБЫТОЙ РУДНОЙ МАССЫ  
ПРИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ  
И ОЧИСТНЫХ РАБОТАХ**

**Методическое пособие**

**Минск  
БНТУ  
2012**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Горные работы»

В. Н. Дешковский

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА  
ДОБЫТОЙ РУДНОЙ МАССЫ  
ПРИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ  
И ОЧИСТНЫХ РАБОТАХ

Методическое пособие  
для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка  
месторождений полезных ископаемых»  
направления 1-51 02 01-02 «Подземные горные работы»

Минск  
БНТУ  
2012

УДК 622.363.2:005.336.3(075.8)

ББК 33я7

Д39

**Рецензенты:**

*С. Ф. Шемет, В. А. Губанов*

**Дешковский, В. Н.**

Д39

Расчет показателей качества добытой рудной массы при подготовительных и очистных работах : методическое пособие для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» направления 1-51 02 01-02 «Подземные горные работы» / В. Н. Дешковский. – Минск : БНТУ, 2012. – 53 с.

ISBN 978-985-525-892-7.

В методическом пособии изложены методика и примеры расчета показателей качества добытой рудной массы при подготовительных и очистных работах в условиях пластовых, выдержанных по мощности месторождениях на примере Старобинского месторождения калийных солей. Издание предназначено для студентов высших учебных заведений по специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» направления 1-51 02 01-02 «Подземные горные работы».

**УДК 622.363.2:005.336.3(075.8)**

**ББК 33я7**

**ISBN 978-985-525-892-7**

© Дешковский В. Н., 2012

© Белорусский национальный  
технический университет, 2012

## **ВВЕДЕНИЕ**

Методическое пособие предназначено для студентов высших учебных заведений по специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» направления 1-51 02 01-02 «Подземные горные работы», специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование», а также учащихся средних специальных учебных заведений по специальности 2-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» при курсовом и дипломном проектировании.

Целью является приобретение студентами и учащимися навыков расчетов показателей качества добытой рудной массы при горно-подготовительных и очистных работах для условий пологого залегания выдержанных по мощности пластов полезного ископаемого на примере Старобинского месторождения калийных солей.

## 1 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Полезное ископаемое** – минералы и горные породы, которые на уровне развития техники и технологии могут быть использованы в народном хозяйстве непосредственно или после соответствующей переработки.

В условиях Старобинского месторождения, в зависимости от разрабатываемого горизонта, к полезному ископаемому относятся сильвинитовые или каменно-солевые слои, вошедшие в подсчет запасов, т.е. балансовые запасы в натуральном выражении. Под термином полезное ископаемое выступают калийная соль (сильвинит) и каменная соль (галит).

**Сильвинит** – соляная горная порода осадочного химического происхождения, состоящая в основном из кристаллической смеси минералов галита и сильвина, в которой преобладает первый. Почти всегда содержит незначительную примесь ангидрита, карбонатов и глинистого материала.

**Галит** – осадочно-хемогенная порода, сложенная в основном галитом (до 99 %). Окраска обусловлена примесями (черная и бурая – органические вещества, красная и желтая – окислы и гидроокислы железа, серая – ангидрит и карбонатно-глинистое вещество, синяя и фиолетовая – воздействие радиоактивного излучения калия).

**Глина** – осадочная порода, отличающаяся тонкодисперсностью (преобладанием фракций  $< 0,01$  мм), своеобразием состава (обязательно присутствие глинистых минералов) и обладающая пластичностью в природном состоянии или при увлажнении водой.

**Галопелиты** – глинистые породы, содержащие соль. Кроме глинистого материала в галопелитах присутствуют карбонаты, сульфаты кальция и мелкий обломочный материал.

**Качество полезных ископаемых** – свойство или совокупность свойств минеральных образований (добытой руды), идущих на нужды общества. К числу свойств относятся вещественный (минеральный) состав, физико-механические и химические характеристики минерального сырья.

**Полезный компонент** – составная часть полезного ископаемого, имеющая промышленное значение и используемая в народном хозяйстве.

**Содержание КС1** – количество полезного компонента (КС1), заключенного в весовой или объемной единице полезного ископаемого или рудной массы, выраженное в процентах.

**Содержание Н.О.** – количество нерастворимого в воде остатка (глинистых пород и т.п.), заключенного в весовой или объемной единице полезного ископаемого или рудной массы, выраженное в процентах.

**Полезное ископаемое отбитое** – полезное ископаемое, отделенное от массива.

**Порода** – минеральное образование, не являющееся объектом извлечения полезных компонентов при разработке месторождений подземным способом («пустая» порода)

**Добытая рудная масса** – объем выданного на поверхность полезного ископаемого вместе с разубоживающими породами.

**Горная масса** – полезное ископаемое и порода, получаемые в результате разработки месторождения как в смешанном виде, так и раздельно.

**Полезное ископаемое добытое** – полезное ископаемое, выданное из рудника на поверхность (без учета разубоживающих пород или некондиционных руд).

**Разубоживающие породы** – вмещающие породы (налегающие, подстилающие – каменная соль, глина и т.п.) или включения пород, не содержащие полезного компонента в залежи полезного ископаемого или содержащие его в незначительном количестве и не включенные в подсчет балансовых запасов.

**Разубоживание** – потери качества полезного ископаемого в процессе добычи. Выражается в снижении содержания полезного компонента в добытом полезном ископаемом по сравнению с содержанием его в массиве (балансовых запасах) вследствие примешивания к нему пустых пород или некондиционного полезного ископаемого.

**Балансовые запасы** – запасы, состоящие на балансе недропользователя. Как правило, балансовые запасы удовлетворяют условиям, устанавливаемым для подсчета запасов в недрах, и их использование экономически целесообразно.

**Кондиции на минеральное сырье** – совокупность экономически обоснованных требований к качеству и количеству полезных ископаемых, горно-геологическим и иным условиям разработки место-

рождения. Кондиции разрабатываются для определения промышленной ценности месторождений и подсчета в них запасов полезных ископаемых.

**Забалансовые запасы** – запасы, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно, вследствие малого количества, малой мощности залежей, низкого содержания полезного компонента, особой сложности условий эксплуатации, необходимости применения очень сложных процессов переработки, но которые в дальнейшем могут явиться объектом промышленного освоения.

**Потери полезного ископаемого** – часть балансовых запасов, оставшаяся при отработке месторождения не извлеченной из недр, а также оставленная в местах складирования, погрузки и на транспортных путях горного производства.

**Потери полезного компонента** – количество полезного компонента, содержащегося в потерянном полезном ископаемом.

**Потери качества полезного ископаемого** – снижение содержания полезного компонента в добытой рудной массе, по сравнению с содержанием его в балансовых запасах.

**Потери эксплуатационные** – потери, происходящие непосредственно в процессе ведения очистных работ (за вычетом потерь в общешахтных целиках).

**Привязка горной выработки к пласту** – высотное расположение элемента горной выработки (кровли или почвы) относительно пласта (слоя) полезного ископаемого или пустых пород. Как правило, определяется расстоянием по вертикали от кровли (почвы) выработки до кровли (почвы) пласта (слоя).

**Очистные работы** – это комплекс процессов, операций, производимых в очистных выработках с целью извлечения полезного ископаемого.

**Валовая выемка пласта** – способ добычи полезного ископаемого без разделения на слои.

**Селективная выемка пласта** – способ раздельной добычи слоев полезного ископаемого и пустых пород.

## 2 ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Пласты калийных и каменной солей, а так же добытая рудная масса, характеризуются показателями качества, т.е. содержанием в них различных компонентов, обуславливающих пригодность для использования или переработки в соответствии с назначением. Компоненты, которые представляют промышленную ценность, называют полезными. Среди полезных компонентов, как правило, выделяют основной. Основным компонент (сумма полезных компонентов комплексных руд, приведенных к условному содержанию основного) используется для оценки запасов полезного ископаемого. В комплексных рудах в качестве основного принимается компонент, определяющий наибольшую по сравнению с другими извлекаемую ценность. Минимальное промышленное содержание основного (или условного) компонента должно обеспечивать возмещение всех затрат на получение товарной продукции.

Компоненты, которые затрудняют промышленную переработку полезного ископаемого или использование товарной продукции, называют вредными примесями. Допустимое содержание вредных примесей определяется с учетом требований промышленности к продукции переработки минерального сырья и результатами технологических исследований по переработке сырья.

Оценка качества полезного ископаемого производится в соответствии с требованиями действующих государственных, отраслевых стандартов, технических условий, а также с учетом технологии их добычи и переработки, обеспечивающей комплексное использование добытого минерального сырья в естественном виде или извлечение из него компонентов, имеющих промышленное значение.

В настоящее время в качестве сырья для получения продуктов (калийные удобрения, медицинские препараты и др.), в которых составной частью является калий, используются главным образом калийные минералы (сильвин, карналлит, лангбейнит, каинит и др.), генетически связанные с соленосными формациями. Оценка качества калийных руд осуществляется по содержанию полезного компонента  $K_2O$ . В мире доминирующее значение имеет бессульфатный тип калийных месторождений (сильвинитовые и карналлит-сильвинитовые), поэтому на практике для оценки качества калий-



ной руды используется другой показатель – содержание полезного компонента  $KCl$ .

Основные галогенные минералы Старобинского месторождения:

- галит (каменная соль) –  $NaCl$  хлористый натрий;
- сильвин –  $KCl$  хлористый калий;
- карналлит –  $MgCl_2$ ,  $KCl \cdot 6H_2O$ .

На Старобинском месторождении полезный компонент – это полезное ископаемое в пересчете на 100 %  $KCl$  или 100 %  $K_2O$ . Для пересчета 100 %  $KCl$  в 100 %  $K_2O$  применяется постоянный коэффициент равный 0,6318.

В отношении каменной соли учет движения балансовых запасов осуществляется только в натуральном выражении и термин «полезный компонент» не используется.

Вредными примесями в калийных рудах являются хлорид магния ( $MgCl_2$ ) и нерастворимый в воде остаток (Н.О.). При содержании в рудах хлорида магния более 1,5 % и Н.О. более 3 % в технологические схемы обогащения калийных солей вводятся дополнительные операции по освобождению сырья от указанных компонентов.

Основные показатели кондиций Старобинского месторождения:

- минимальное промышленное содержание полезного компонента (16 %  $KCl$ );
- минимальная мощность (для валовой выемки – 1,5м);
- максимальная глубина залегания тела полезного ископаемого (1200 м);
- максимальное содержание Н.О. – 10 %;
- максимальное содержание  $MgCl_2$  – 3,5 %.

Таким образом, пласты калийных солей, добытая калийная руда характеризуются главным образом двумя основными показателями качества: содержанием  $KCl$  и Н.О.

Геологоразведочные работы на рудниках Старобинского месторождения выполняются в соответствии с инструкцией по производству геологоразведочных работ [1].

Показатели качества полезного ископаемого в пластах определяют путем опробования при производстве геологоразведочных работ. При подземных геологоразведочных работах на калийных рудниках применяются следующие виды опробования: бороздковое, радиометрическое, керновое.

Опробованию подлежат все промышленные пласты и вмещающие породы (последовательно), вскрываемые горными выработками и скважинами подземного бурения.

Пункты опробования располагаются в горных выработках по прямоугольной или квадратной сети с расстоянием:

от 400 до 600 м – при доразведке месторождения;

от 200 до 300 м – при эксплуатационной разведке.

При эксплуатационной разведке выполняют сокращенный химический анализ проб:

– для продуктивных пластов определяют содержание  $KCl$  и  $H_2O$ ;

– для карналлитов и смешанных солей определяют содержание  $MgCl_2$ ,  $KCl$ ,  $H_2O$ .

Полный химический анализ пробы производят для каждого четвертого пункта опробования. При этом определяют содержание:  $KCl$ ,  $NaCl$ ,  $MgCl_2$ ,  $CaSO_4$ ,  $CaCl_2$ ,  $HBr$ ,  $H_2O$ , гигроскопической и кристаллизационной влаги.

Бороздовый способ служит для опробования горных выработок, с целью определения вещественного состава вскрытых пластов полезного ископаемого и вмещающих пород.

Борозда представляет собой прямолинейную канавку постоянного прямоугольного сечения  $3 \times 2$  см (ширина превышает глубину), выбитую в стенке или в забое горной выработки нормально поверхности наслоения. Пробы бороздовым способом отбираются последовательно, учитывая изменение состава солей и степени их загрязнения примесями. Каждую пробу сыпают в отдельный мешок, сопровождают этикеткой, регистрируют в «Журнале химического опробования» и после пробоподготовки отправляют в лабораторию для химического анализа. Журналы химического опробования ведут отдельно по каждому разрабатываемому (разведываемому) пласту (горизонту).

Основной задачей радиометрического опробования калийных горизонтов является получение достоверных данных о качественном составе разведываемых и разрабатываемых калийных пластов, важнейшие показатели которых – содержание хлористого калия и нерастворимого в воде остатка.

Содержание хлористого калия в рудах определяется путем регистрации специальным прибором суммарного бета-гамма излучения радиоактивного изотопа  $^{40}K$ , а  $H_2O$  – визуально-метрическим спо-

субом, по зависимости, близкой к прямой, между содержаниями Н.О. и суммарной мощностью глинистых прослоев в опробуемом интервале, автоматически учитывающей также и Н.О., рассеянный в соляных породах.

Погрешность измерения содержания КСІ в массиве при радиометрическом опробовании составляет  $\pm 0,5$  %.

Контроль радиометрического опробования осуществляется дублированием каждого 4-го сечения отбором бороздовых проб, содержание КСІ и Н.О. в которых определяют химическими анализами.

Визуально-метрическим способом (линейкой), с точностью  $\pm 1$  мм, производится замер суммарной мощности глинистых прослоев в опробуемом интервале. Затем производится вычисление содержания Н.О., % по формуле

$$\text{Н.О.} = \frac{\sum m_{\Gamma}}{m} \cdot 100 \% \quad (2.1)$$

где  $m$  – мощность слоя, в котором определяется содержание нерастворимого остатка, м;

$\sum m_{\Gamma}$  – суммарная мощность глинистых прослоев в слое, м.

Керновое опробование служит для определения вещественного состава полезного ископаемого и вмещающих пород, вскрытых скважинами колонкового бурения. Отбор проб производится из керна.

Керн скважины может опробоваться путем высверливания по его длинной оси отверстия постоянного диаметра от 10 до 16 мм и сбора образовавшегося порошка. Каждую пробу ссыпают в отдельный мешок, сопровождают этикеткой и отправляют на химический анализ.

Исходные данные для расчета показателей качества добытой рудной массы при подготовительных и очистных работах формируются геологической службой рудника и включают в себя:

- мощности калийных и разделяющих их слоев каменной соли, м;
- содержание КСІ и Н.О. в калийных слоях, разделяющих их слоях каменной соли, вышележащих и нижележащих вмещающих пород, %.

В расчетах при проектировании горных работ, а также при определении показателей качества добытой рудной массы значения мощности сильвинитовых и галитовых слоев, вынимаемую мощность пласта, содержание КС1 и Н.О. принимают округленными до двух цифр после запятой. Например,  $m = 0,85$  м,  $КС1 = 4,25\%$  .

**Пример 1.** *Определить содержание Н.О. в сильвинитовом слое визуально-метрическим способом согласно рис. 2.1.*

Сильвинитовый слой мощностью  $m = 0,80$  м состоит из прослоев сильвинита, галита, глины.

Суммарная мощность глинистых прослоев в сильвинитовом слое составляет

$$\sum m_r = 0,001 + 0,002 + 0,004 + 0,002 + 0,003 + 0,007 + 0,006 + 0,004 + 0,002 + 0,003 + 0,002 + 0,005 = 0,041 \text{ м};$$

Содержания Н.О., % определяется по формуле (2.1)

$$\text{Н.О.} = \frac{0,041}{0,8} \cdot 100\% = 5,13\% .$$

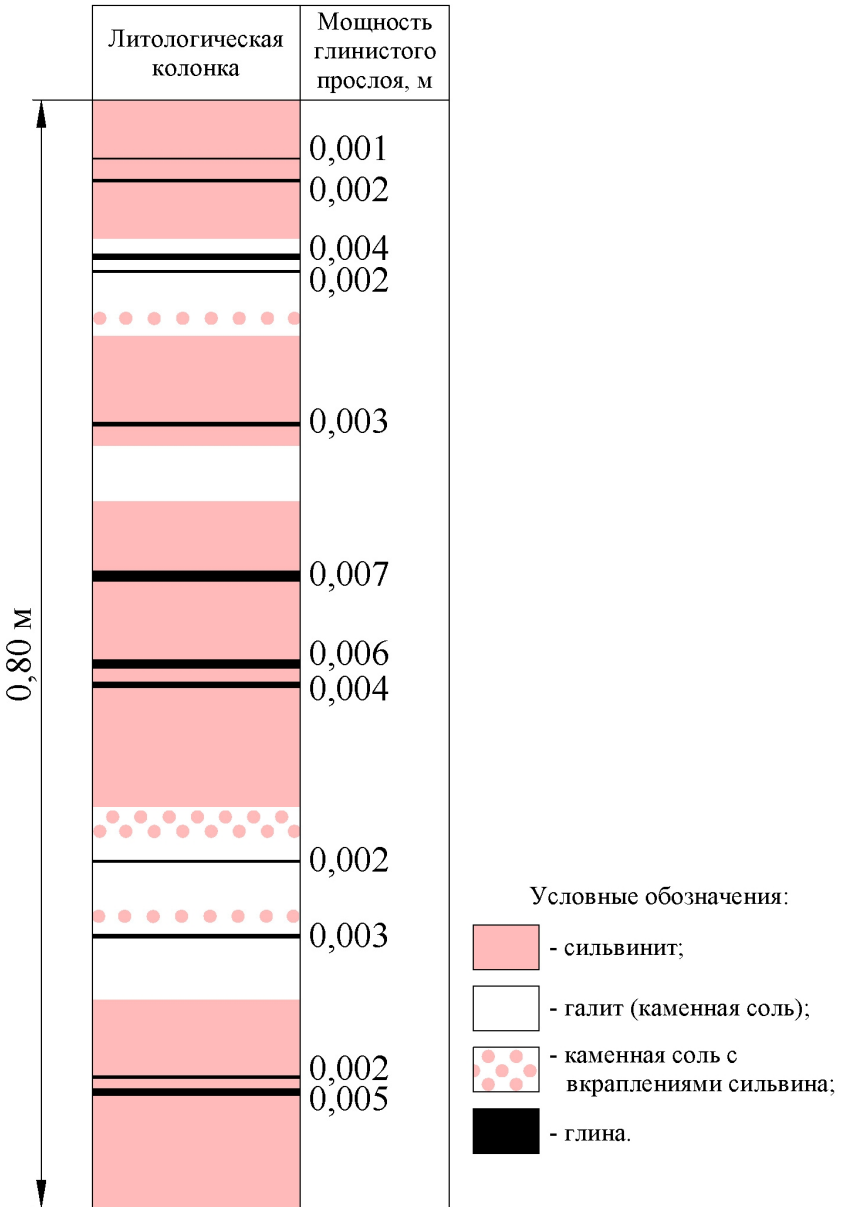


Рис. 2.1. Литологическая колонка силвинитового слоя

### **3 РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДОБЫТОЙ РУДНОЙ МАССЫ ПРИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ**

После вскрытия шахтного поля осуществляется его подготовка, которая заключается в проходке горных выработок. Проходка горных выработок в условиях пластовых месторождений пологого залегания, к которым относится и Старобинское месторождение калийных солей, осуществляется, как правило, по продуктивному пласту машинным способом. Применяемые в настоящее время проходческие комбайны типа ПКС-8М и «Урал-10А» производят валовую выемку пласта в подготовительном забое.

В условиях Старобинского месторождения привязка капитальных горных выработок (выработок главных направлений) к пласту (слою) определяется главным образом исходя из условий обеспечения длительной устойчивости их контуров.

Объем горно-подготовительных работ при подготовке к отработке панели (блока) может достигать более 20 % от извлекаемых запасов. Поэтому, в данном случае более актуален вопрос оптимального расположения подготовительных выработок относительно продуктивного пласта с точки зрения обеспечения максимальных показателей качества добытой рудной массы.

Фактически на практике привязка кровли горной выработки осуществляется к маркирующему прослою глины в пласте (слое).

На рис. 3.1 и 3.2 представлены варианты расположения выработок относительно пласта и описания их привязки.

Примечание. На рисунках размеры указаны в метрах.

Продуктивные пласты Старобинского месторождения имеют пологое залегание (до 3÷5 градусов) и представляют собой чередование сильвинитовых и галитовых слоев. Каждый из слоев характеризуется основными показателями качества, т.е. содержанием КС1 и Н.О.

Среднее содержание КС1 и Н.О. в добытой рудной массе при проходке зависит от площадей вынимаемых слоев, входящих в контур выработки, которые в свою очередь зависят от формы и геометрических размеров выработки, а также ее привязки к пласту.

Площади вынимаемых слоев при их пологом залегании для типовых сечений горных выработок, пройденных комбайнами ПКС-8М и «Урал-10А» определяются с помощью табл. 3.1–3.4.

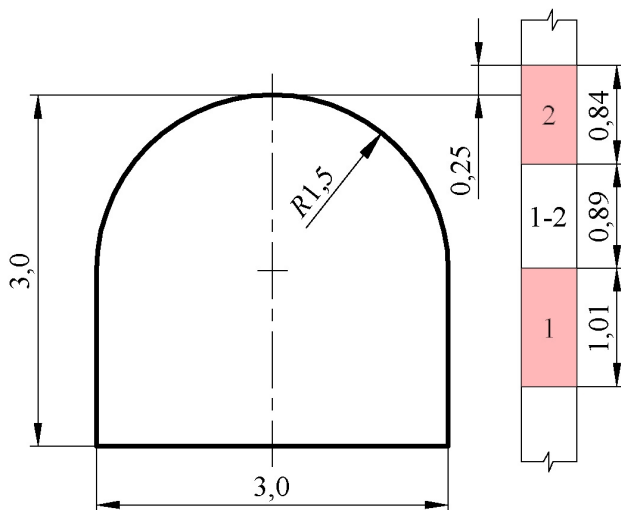


Рис. 3.1. Привязка кровли выработки, пройденной комбайном типа ПКС-8М, ниже кровли 2-го слоя на 0,25 м

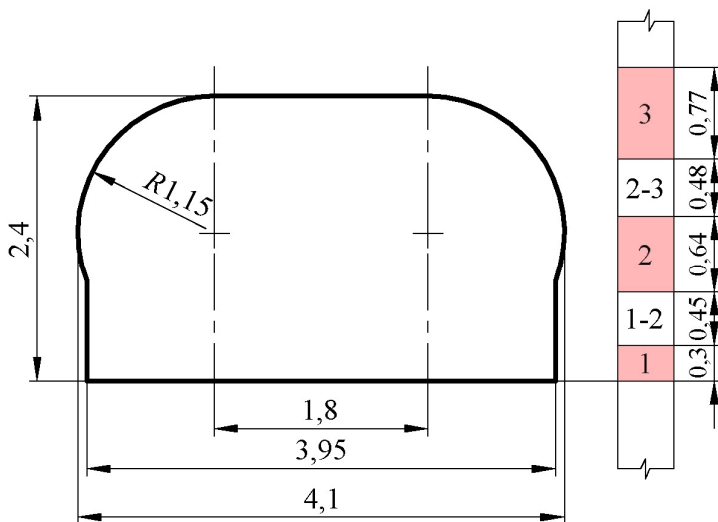
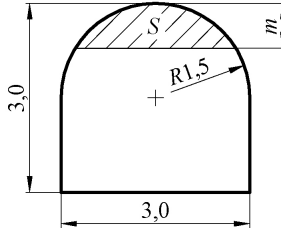


Рис. 3.2. Привязка почвы выработки, пройденной комбайном «Урал-10А», к почве 1-го слоя

Таблица 3.1

Определение площади слоя  $S$  по его мощности  $m$ ,  
 ооконтуренного сечением выработки, пройденной комбайном  
 ПКС-8М высотой 3,0 м



$m, \text{ м}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
$S, \text{ м}^2$	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
$m, \text{ м}$	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
$S, \text{ м}^2$	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21
$m, \text{ м}$	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30
$S, \text{ м}^2$	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37
$m, \text{ м}$	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40
$S, \text{ м}^2$	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56
$m, \text{ м}$	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
$S, \text{ м}^2$	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,73	0,75	0,78
$m, \text{ м}$	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60
$S, \text{ м}^2$	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,93	0,95	0,97	1,00
$m, \text{ м}$	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70
$S, \text{ м}^2$	1,03	1,06	1,08	1,10	1,12	1,16	1,17	1,20	1,23	1,25
$m, \text{ м}$	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80
$S, \text{ м}^2$	1,27	1,30	1,32	1,35	1,38	1,40	1,42	1,45	1,48	1,51
$m, \text{ м}$	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90
$S, \text{ м}^2$	1,54	1,56	1,59	1,62	1,64	1,67	1,70	1,72	1,75	1,78
$m, \text{ м}$	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
$S, \text{ м}^2$	1,80	1,83	1,86	1,89	1,92	1,95	1,97	2,00	2,03	2,06
$m, \text{ м}$	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10
$S, \text{ м}^2$	2,09	2,12	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29	2,32	2,35
$m, \text{ м}$	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
$S, \text{ м}^2$	2,38	2,40	2,43	2,46	2,49	2,52	2,55	2,58	2,61	2,64



Продолжение табл. 3.1

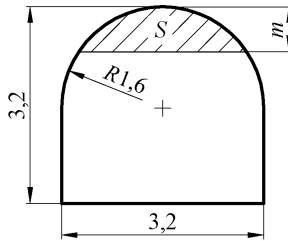
$m, \text{ м}$	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30
$S, \text{ м}^2$	2,66	2,69	2,72	2,75	2,78	2,81	2,84	2,87	2,90	2,93
$m, \text{ м}$	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40
$S, \text{ м}^2$	2,96	2,99	3,02	3,05	3,08	3,11	3,14	3,17	3,20	3,23
$m, \text{ м}$	1,41	1,42	1,43	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50
$S, \text{ м}^2$	3,26	3,29	3,32	3,35	3,38	3,41	3,44	3,47	3,50	3,53
$m, \text{ м}$	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60
$S, \text{ м}^2$	3,56	3,59	3,62	3,65	3,68	3,71	3,74	3,77	3,80	3,83
$m, \text{ м}$	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70
$S, \text{ м}^2$	3,86	3,89	3,92	3,95	3,98	4,01	4,04	4,07	4,10	4,13
$m, \text{ м}$	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79	1,80
$S, \text{ м}^2$	4,16	4,19	4,22	4,25	4,28	4,31	4,34	4,37	4,40	4,43
$m, \text{ м}$	1,81	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88	1,89	1,90
$S, \text{ м}^2$	4,46	4,49	4,52	4,55	4,58	4,61	4,64	4,67	4,70	4,73
$m, \text{ м}$	1,91	1,92	1,93	1,94	1,95	1,96	1,97	1,98	1,99	2,00
$S, \text{ м}^2$	4,76	4,79	4,82	4,85	4,88	4,91	4,94	4,97	5,00	5,03
$m, \text{ м}$	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08	2,09	2,10
$S, \text{ м}^2$	5,06	5,09	5,12	5,15	5,18	5,21	5,24	5,27	5,30	5,33
$m, \text{ м}$	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20
$S, \text{ м}^2$	5,36	5,39	5,42	5,45	5,48	5,51	5,54	5,57	5,60	5,63
$m, \text{ м}$	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27	2,28	2,29	2,30
$S, \text{ м}^2$	5,66	5,69	5,72	5,75	5,78	5,81	5,84	5,87	5,90	5,93
$m, \text{ м}$	2,31	2,32	2,33	2,34	2,35	2,36	2,37	2,38	2,39	2,40
$S, \text{ м}^2$	5,96	5,99	6,02	6,05	6,08	6,11	6,14	6,17	6,20	6,23
$m, \text{ м}$	2,41	2,42	2,43	2,44	2,45	2,46	2,47	2,48	2,49	2,50
$S, \text{ м}^2$	6,26	6,29	6,32	6,35	6,38	6,41	6,44	6,47	6,50	6,53
$m, \text{ м}$	2,51	2,52	2,53	2,54	2,55	2,56	2,57	2,58	2,59	2,60
$S, \text{ м}^2$	6,56	6,59	6,62	6,65	6,68	6,71	6,74	6,77	6,80	6,83
$m, \text{ м}$	2,61	2,62	2,63	2,64	2,65	2,66	2,67	2,68	2,69	2,70
$S, \text{ м}^2$	6,86	6,89	6,92	6,95	6,98	7,01	7,04	7,07	7,10	7,13
$m, \text{ м}$	2,71	2,72	2,73	2,74	2,75	2,76	2,77	2,78	2,79	2,80
$S, \text{ м}^2$	7,16	7,19	7,22	7,25	7,28	7,31	7,34	7,37	7,40	7,43

Окончание табл. 3.1

$m, \text{ м}$	2,81	2,82	2,83	2,84	2,85	2,86	2,87	2,88	2,89	2,90
$S, \text{ м}^2$	7,46	7,49	7,52	7,55	7,58	7,61	7,64	7,67	7,70	7,73
$m, \text{ м}$	2,91	2,92	2,93	2,94	2,95	2,96	2,97	2,98	2,99	3,00
$S, \text{ м}^2$	7,76	7,79	7,82	7,85	7,88	7,91	7,94	7,97	8,00	8,03

Таблица 3.2

Определение площади слоя  $S$  по его мощности  $m$ ,  
окоптуренного сечением выработки, пройденной комбайном  
ПКС-8М высотой 3,2 м



$m, \text{ м}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
$S, \text{ м}^2$	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
$m, \text{ м}$	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
$S, \text{ м}^2$	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21
$m, \text{ м}$	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30
$S, \text{ м}^2$	0,22	0,24	0,26	0,27	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36	0,38
$m, \text{ м}$	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40
$S, \text{ м}^2$	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58
$m, \text{ м}$	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
$S, \text{ м}^2$	0,60	0,62	0,64	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80
$m, \text{ м}$	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60
$S, \text{ м}^2$	0,82	0,85	0,87	0,90	0,92	0,94	0,97	0,99	1,02	1,04
$m, \text{ м}$	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70
$S, \text{ м}^2$	1,07	1,09	1,11	1,14	1,17	1,19	1,22	1,25	1,27	1,30
$m, \text{ м}$	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80
$S, \text{ м}^2$	1,33	1,35	1,38	1,41	1,43	1,46	1,49	1,51	1,54	1,57

Продолжение табл. 3.2

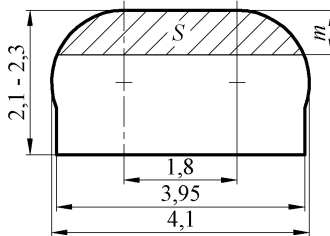
$m, \text{ м}$	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90
$S, \text{ м}^2$	1,60	1,63	1,65	1,68	1,71	1,74	1,77	1,80	1,82	1,85
$m, \text{ м}$	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
$S, \text{ м}^2$	1,88	1,91	1,94	1,97	2,00	2,03	2,06	2,09	2,12	2,15
$m, \text{ м}$	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10
$S, \text{ м}^2$	2,18	2,21	2,24	2,27	2,29	2,32	2,35	2,38	2,42	2,45
$m, \text{ м}$	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
$S, \text{ м}^2$	2,48	2,51	2,54	2,57	2,60	2,63	2,66	2,69	2,72	2,75
$m, \text{ м}$	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30
$S, \text{ м}^2$	2,78	2,82	2,85	2,88	2,91	2,94	2,97	3,00	3,03	3,06
$m, \text{ м}$	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40
$S, \text{ м}^2$	3,10	3,13	3,16	3,19	3,22	3,26	3,29	3,32	3,35	3,38
$m, \text{ м}$	1,41	1,42	1,43	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50
$S, \text{ м}^2$	3,41	3,44	3,48	3,51	3,54	3,57	3,60	3,64	3,67	3,70
$m, \text{ м}$	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60
$S, \text{ м}^2$	3,73	3,76	3,80	3,83	3,86	3,89	3,92	3,96	3,99	4,02
$m, \text{ м}$	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70
$S, \text{ м}^2$	4,05	4,08	4,12	4,15	4,18	4,21	4,24	4,28	4,31	4,34
$m, \text{ м}$	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79	1,80
$S, \text{ м}^2$	4,37	4,40	4,44	4,47	4,50	4,53	4,56	4,60	4,63	4,66
$m, \text{ м}$	1,81	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88	1,89	1,90
$S, \text{ м}^2$	4,69	4,72	4,76	4,79	4,82	4,85	4,88	4,91	4,94	4,97
$m, \text{ м}$	1,91	1,92	1,93	1,94	1,95	1,96	1,97	1,98	1,99	2,00
$S, \text{ м}^2$	5,00	5,04	5,07	5,10	5,13	5,16	5,20	5,23	5,26	5,29
$m, \text{ м}$	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08	2,09	2,10
$S, \text{ м}^2$	5,32	5,36	5,39	5,42	5,45	5,48	5,52	5,55	5,58	5,61
$m, \text{ м}$	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20
$S, \text{ м}^2$	5,64	5,68	5,71	5,74	5,77	5,80	5,84	5,87	5,90	5,93
$m, \text{ м}$	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27	2,28	2,29	2,30
$S, \text{ м}^2$	5,96	6,00	6,03	6,06	6,09	6,12	6,16	6,19	6,22	6,25
$m, \text{ м}$	2,31	2,32	2,33	2,34	2,35	2,36	2,37	2,38	2,39	2,40
$S, \text{ м}^2$	6,28	6,32	6,35	6,38	6,41	6,44	6,48	6,51	6,54	6,57
$m, \text{ м}$	2,41	2,42	2,43	2,44	2,45	2,46	2,47	2,48	2,49	2,50
$S, \text{ м}^2$	6,60	6,64	6,67	6,70	6,73	6,76	6,80	6,83	6,86	6,89

Окончание табл. 3.2

$m, \text{М}$	2,51	2,52	2,53	2,54	2,55	2,56	2,57	2,58	2,59	2,60
$S, \text{М}^2$	6,92	6,96	6,99	7,02	7,05	7,08	7,12	7,15	7,18	7,21
$m, \text{М}$	2,61	2,62	2,63	2,64	2,65	2,66	2,67	2,68	2,69	2,70
$S, \text{М}^2$	7,24	7,28	7,31	7,34	7,37	7,40	7,44	7,47	7,50	7,53
$m, \text{М}$	2,71	2,72	2,73	2,74	2,75	2,76	2,77	2,78	2,79	2,80
$S, \text{М}^2$	7,57	7,60	7,63	7,66	7,69	7,72	7,76	7,79	7,82	7,85
$m, \text{М}$	2,81	2,82	2,83	2,84	2,85	2,86	2,87	2,88	2,89	2,90
$S, \text{М}^2$	7,88	7,92	7,95	7,98	8,01	8,04	8,08	8,11	8,14	8,17
$m, \text{М}$	2,91	2,92	2,93	2,94	2,95	2,96	2,97	2,98	2,99	3,00
$S, \text{М}^2$	8,20	8,24	8,27	8,30	8,33	8,36	8,40	8,43	8,46	8,49
$m, \text{М}$	3,01	3,02	3,03	3,04	3,05	3,06	3,07	3,08	3,09	3,10
$S, \text{М}^2$	8,52	8,56	8,59	8,62	8,65	8,68	8,71	8,72	8,73	8,74
$m, \text{М}$	3,11	3,12	3,13	3,14	3,15	3,16	3,17	3,18	3,19	3,20
$S, \text{М}^2$	8,75	8,76	8,77	8,78	8,79	8,80	8,81	8,82	8,83	8,83

Таблица 3.3

Определение площади слоя  $S$  по его мощности  $m$ ,  
окоптуренного сечением выработки, пройденной комбайном  
«Урал-10А» высотой 2,1–2,3 м



$m, \text{М}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
$S, \text{М}^2$	0,02	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24
$m, \text{М}$	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
$S, \text{М}^2$	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38	0,41	0,44	0,47	0,50	0,53
$m, \text{М}$	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30
$S, \text{М}^2$	0,56	0,60	0,63	0,66	0,69	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85

Продолжение табл. 3.3

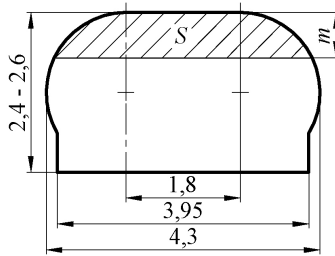
$m, \text{ м}$	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40
$S, \text{ м}^2$	0,89	0,93	0,96	0,99	1,02	1,06	1,10	1,13	1,17	1,20
$m, \text{ м}$	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
$S, \text{ м}^2$	1,24	1,27	1,31	1,35	1,38	1,42	1,45	1,49	1,53	1,57
$m, \text{ м}$	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60
$S, \text{ м}^2$	1,60	1,64	1,68	1,71	1,75	1,79	1,83	1,87	1,90	1,94
$m, \text{ м}$	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70
$S, \text{ м}^2$	1,98	2,02	2,06	2,09	2,13	2,17	2,21	2,25	2,29	2,33
$m, \text{ м}$	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80
$S, \text{ м}^2$	2,37	2,41	2,45	2,49	2,53	2,57	2,60	2,64	2,68	2,72
$m, \text{ м}$	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90
$S, \text{ м}^2$	2,76	2,80	2,84	2,88	2,92	2,96	3,00	3,04	3,08	3,13
$m, \text{ м}$	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
$S, \text{ м}^2$	3,17	3,21	3,24	3,29	3,33	3,37	3,41	3,45	3,49	3,53
$m, \text{ м}$	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10
$S, \text{ м}^2$	3,57	3,61	3,65	3,69	3,74	3,78	3,82	3,86	3,90	3,94
$m, \text{ м}$	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
$S, \text{ м}^2$	3,98	4,02	4,06	4,10	4,15	4,19	4,23	4,27	4,31	4,35
$m, \text{ м}$	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30
$S, \text{ м}^2$	4,39	4,43	4,47	4,51	4,56	4,60	4,64	4,68	4,72	4,76
$m, \text{ м}$	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40
$S, \text{ м}^2$	4,80	4,84	4,88	4,92	4,96	5,00	5,04	5,08	5,13	5,17
$m, \text{ м}$	1,41	1,42	1,43	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50
$S, \text{ м}^2$	5,21	5,25	5,29	5,33	5,37	5,41	5,45	5,49	5,53	5,57
$m, \text{ м}$	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60
$S, \text{ м}^2$	5,61	5,65	5,69	5,73	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97
$m, \text{ м}$	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70
$S, \text{ м}^2$	6,01	6,05	6,09	6,13	6,17	6,21	6,25	6,29	6,33	6,37
$m, \text{ м}$	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79	1,80
$S, \text{ м}^2$	6,41	6,45	6,49	6,53	6,57	6,61	6,65	6,69	6,73	6,77
$m, \text{ м}$	1,81	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88	1,89	1,90
$S, \text{ м}^2$	6,81	6,85	6,89	6,93	6,97	7,01	7,05	7,09	7,13	7,17
$m, \text{ м}$	1,91	1,92	1,93	1,94	1,95	1,96	1,97	1,98	1,99	2,00
$S, \text{ м}^2$	7,21	7,25	7,29	7,33	7,37	7,41	7,45	7,49	7,53	7,57

Окончание табл. 3.3

$m, \text{ м}$	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08	2,09	2,10
$S, \text{ м}^2$	7,61	7,65	7,69	7,73	7,77	7,81	7,85	7,89	7,93	7,97
$m, \text{ м}$	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20
$S, \text{ м}^2$	8,01	8,05	8,09	8,13	8,17	8,21	8,25	8,29	8,33	8,37
$m, \text{ м}$	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27	2,28	2,29	2,30
$S, \text{ м}^2$	8,41	8,45	8,49	8,53	8,57	8,61	8,65	8,69	8,73	8,77

Таблица 3.4

Определение площади слоя  $S$  по его мощности  $m$ ,  
окоптуренного сечением выработки, пройденной комбайном  
«Урал-10А» высотой 2,4–2,6 м



$m, \text{ м}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
$S, \text{ м}^2$	0,02	0,04	0,06	0,09	0,11	0,13	0,16	0,19	0,21	0,24
$m, \text{ м}$	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
$S, \text{ м}^2$	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,51	0,54
$m, \text{ м}$	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30
$S, \text{ м}^2$	0,58	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74	0,77	0,80	0,84	0,87
$m, \text{ м}$	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40
$S, \text{ м}^2$	0,91	0,94	0,98	1,01	1,05	1,08	1,12	1,15	1,19	1,23
$m, \text{ м}$	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
$S, \text{ м}^2$	1,26	1,30	1,34	1,37	1,41	1,45	1,48	1,52	1,56	1,60
$m, \text{ м}$	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60
$S, \text{ м}^2$	1,64	1,67	1,71	1,75	1,79	1,83	1,87	1,91	1,95	1,98
$m, \text{ м}$	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70
$S, \text{ м}^2$	2,02	2,06	2,10	2,14	2,18	2,22	2,26	2,30	2,34	2,38

Продолжение табл. 3.4

$m, \text{ м}$	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80
$S, \text{ м}^2$	2,42	2,46	2,51	2,55	2,59	2,63	2,67	2,71	2,75	2,79
$m, \text{ м}$	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90
$S, \text{ м}^2$	2,83	2,88	2,92	2,96	3,00	3,04	3,08	3,13	3,17	3,21
$m, \text{ м}$	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
$S, \text{ м}^2$	3,25	3,29	3,34	3,38	3,42	3,46	3,50	3,55	3,59	3,63
$m, \text{ м}$	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10
$S, \text{ м}^2$	3,68	3,72	3,76	3,80	3,84	3,89	3,93	3,97	4,02	4,06
$m, \text{ м}$	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
$S, \text{ м}^2$	4,10	4,14	4,19	4,23	4,27	4,32	4,36	4,40	4,44	4,49
$m, \text{ м}$	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30
$S, \text{ м}^2$	4,53	4,57	4,62	4,66	4,70	4,75	4,79	4,83	4,88	4,92
$m, \text{ м}$	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40
$S, \text{ м}^2$	4,96	5,00	5,05	5,09	5,13	5,18	5,22	5,26	5,30	5,35
$m, \text{ м}$	1,41	1,42	1,43	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50
$S, \text{ м}^2$	5,39	5,43	5,48	5,52	5,56	5,60	5,64	5,69	5,73	5,77
$m, \text{ м}$	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60
$S, \text{ м}^2$	5,82	5,86	5,90	5,94	5,99	6,03	6,07	6,11	6,16	6,20
$m, \text{ м}$	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70
$S, \text{ м}^2$	6,24	6,28	6,32	6,36	6,41	6,45	6,49	6,53	6,57	6,61
$m, \text{ м}$	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79	1,80
$S, \text{ м}^2$	6,66	6,70	6,74	6,78	6,82	6,86	6,90	6,94	6,98	7,02
$m, \text{ м}$	1,81	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88	1,89	1,90
$S, \text{ м}^2$	7,06	7,10	7,14	7,19	7,23	7,27	7,31	7,35	7,39	7,43
$m, \text{ м}$	1,91	1,92	1,93	1,94	1,95	1,96	1,97	1,98	1,99	2,00
$S, \text{ м}^2$	7,47	7,51	7,55	7,59	7,63	7,67	7,71	7,75	7,79	7,83
$m, \text{ м}$	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08	2,09	2,10
$S, \text{ м}^2$	7,87	7,91	7,95	7,99	8,03	8,07	8,11	8,15	8,19	8,23
$m, \text{ м}$	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20
$S, \text{ м}^2$	8,27	8,31	8,35	8,39	8,43	8,47	8,51	8,55	8,59	8,63
$m, \text{ м}$	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27	2,28	2,29	2,30
$S, \text{ м}^2$	8,67	8,71	8,75	8,79	8,83	8,87	8,91	8,95	8,99	9,03
$m, \text{ м}$	2,31	2,32	2,33	2,34	2,35	2,36	2,37	2,38	2,39	2,40
$S, \text{ м}^2$	9,07	9,11	9,15	9,19	9,23	9,27	9,31	9,35	9,39	9,43

$m, \text{ м}$	2,41	2,42	2,43	2,44	2,45	2,46	2,47	2,48	2,49	2,50
$S, \text{ м}^2$	9,47	9,51	9,55	9,59	9,63	9,67	9,71	9,75	9,79	9,83
$m, \text{ м}$	2,51	2,52	2,53	2,54	2,55	2,56	2,57	2,58	2,59	2,60
$S, \text{ м}^2$	9,87	9,91	9,95	9,99	10,03	10,07	10,11	10,15	10,19	10,23

В табл. 3.1–3.4 попарно представлены два параметра  $m$  и  $S$ . Параметр  $m$  – мощность условного слоя (расстояние от кровли выработки до почвы условного слоя с шагом 0,01), м. Параметр  $S$  – площадь условного слоя мощностью  $m$ ,  $\text{м}^2$ .

Для выработок прямоугольной или квадратной формы сечения площади слоев определяются как площади прямоугольников. Наиболее трудоемки расчеты при наклонном залегании пластов. В этих случаях рекомендуется осуществлять геометрические построения и определять площади слоев как сумму площадей простых фигур (треугольников, прямоугольников, трапеций и т.п.).

Среднее содержание КСІ и Н.О. по сечению подготовительной выработки определяется методом средневзвешенного.

Среднее содержание КСІ по сечению подготовительной выработки  $\text{КСІ}_{\text{ср}}$ , %, определяем по формуле

$$\text{КСІ}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{КСІ}_i \cdot S_i}{\sum S_i}, \quad (3.1)$$

где  $\text{КСІ}_i$  – содержание полезного компонента КСІ в  $i$ -м слое, %;

$S_i$  – площадь сечения  $i$ -го слоя,  $\text{м}^2$ ;

$\sum S_i$  – суммарная площадь слоев, входящих в сечение выработки,  $\text{м}^2$ .

Среднее содержание Н.О. по сечению подготовительной выработки  $\text{Н.О.}_{\text{ср}}$ , %, определяем по формуле

$$\text{Н.О.}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{Н.О.}_i \cdot S_i}{\sum S_i}, \quad (3.2)$$

где  $\text{Н.О.}_i$  – содержание нерастворимого остатка в  $i$ -м слое, %.



Расчетные показатели содержания КС1 и Н.О. округляют до двух цифр после запятой.

В случае отсутствия сведений о показателях качества нижележащих (подстилающих) или вышележащих пород относительно продуктивного пласта, то данные породы считаются представленными слоями каменной соли с показателями содержания КС1 и Н.О. как у близрасположенного по геологическому разрезу слоя каменной соли. Например, при отсутствии сведений о показателях качества пород, расположенных ниже почвы 1-го сильвинитового слоя (рис. 3.1), принимаются соответствующими галитовому слою 1-2.

**Пример 2.** Определить площади слоев, входящих в сечение выработки, пройденной комбайном ПКС-8М согласно рис. 3.1.

Преобразуем рис. 3.1 в более удобный для выполнения расчетов вид (рис. 3.3). Всего в сечении выработки выделено четыре слоя. Определим площади слоев с использованием табл. 3.1.

Мощность слоя 2 ( $m'_2$ ), входящего в сечение выработки, определяется исходя из геологической мощности слоя 2 ( $m_2$ ) за вычетом части слоя 2 не вошедшей в сечение выработки в соответствии с привязкой выработки к пласту ( $a = 0,25$  м), т.е.

$$m'_2 = m_2 - a = 0,84 - 0,25 = 0,59 \text{ м};$$

$$m = m'_2 = 0,59 \text{ м} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} S = S'_2 = 0,97 \text{ м}^2;$$

$$m = m'_2 + m_{1-2} = 0,59 + 0,89 = 1,48 \text{ м} \left. \vphantom{m} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} \begin{cases} S = S'_{1-2} = 3,47 \text{ м}^2 \\ S_{1-2} = S'_{1-2} - S'_2 = \\ = 3,47 - 0,97 = 2,5 \text{ м}^2; \end{cases}$$

$$m = m'_2 + m_{1-2} + m_1 = 0,59 + 0,89 + 1,01 = 2,49 \text{ м} \left. \vphantom{m} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} \begin{cases} S = S'_1 = 6,5 \text{ м}^2 \\ S_1 = S'_1 - S'_{1-2} = \\ = 6,5 - 3,47 = 3,03 \text{ м}^2; \end{cases}$$

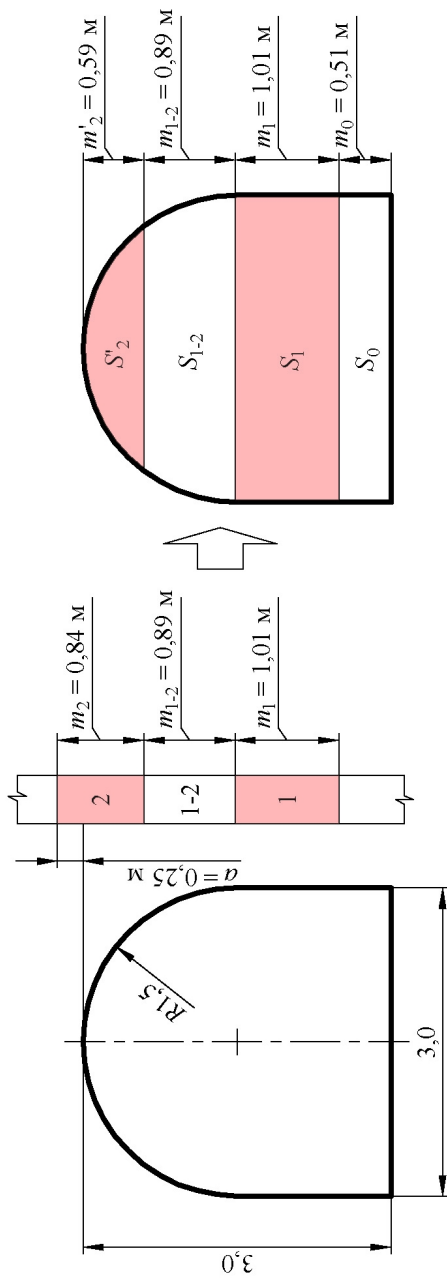


Рис. 3.3. Определение мощностей слоев, входящих в сечение выработки, пройденной комбайном ПКС-8М

$$m = m'_2 + m_{1-2} + m_1 + m_0 = 0,59 + 0,89 + 1,01 + 0,51 = 3,0 \text{ м} \left. \vphantom{m} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} \begin{cases} S = S'_0 = 8,03 \text{ м}^2 \\ S_0 = S'_0 - S'_1 = \\ = 8,03 - 6,5 = 1,53 \text{ м}^2. \end{cases}$$

Проверка:

$$S'_2 + S_{1-2} + S_1 + S_0 = 0,97 + 2,5 + 3,03 + 1,53 = 8,03 \text{ м}^2 \Rightarrow \text{верно}.$$

Графическая интерпретация принципов выполненных выше расчетов представлена на рис. 3.4.

Примечание. Распространенной ошибкой при пользовании табл. 3.1–3.4 является определение площадей слоев, входящих в сечение выработки по мощностям отдельно взятых слоев. Такой вариант использования табл. 3.1–3.4 противоречит принципу их построения и является неверным. Прямое определение площади слоя по его мощности возможно только для верхнего от кровли слоя, входящего в сечение горной выработки.

**Пример 3.** Рассчитать средние показатели качества рудной массы по сечению выработки, пройденной комбайном ПКС-8 с пролетом 3,0 м согласно рис. 3.5.

Расчет состоит из двух этапов: определения площадей слоев, входящих в сечение выработки с помощью табл. 3.1 и непосредственного определения средних показателей качества рудной массы.

$$m'_3 = m_3 - a = 0,68 - 0,25 = 0,43 \text{ м};$$

$$m = m'_3 = 0,43 \text{ м} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} S = S'_3 = 0,62 \text{ м}^2;$$

$$m = m'_3 + m_{2-3} = 0,43 + 0,48 = 0,91 \text{ м} \left. \vphantom{m} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} \begin{cases} S = S'_{2-3} = 1,8 \text{ м}^2 \\ S_{2-3} = S'_{2-3} - S'_3 = \\ = 1,8 - 0,62 = 1,18 \text{ м}^2; \end{cases}$$

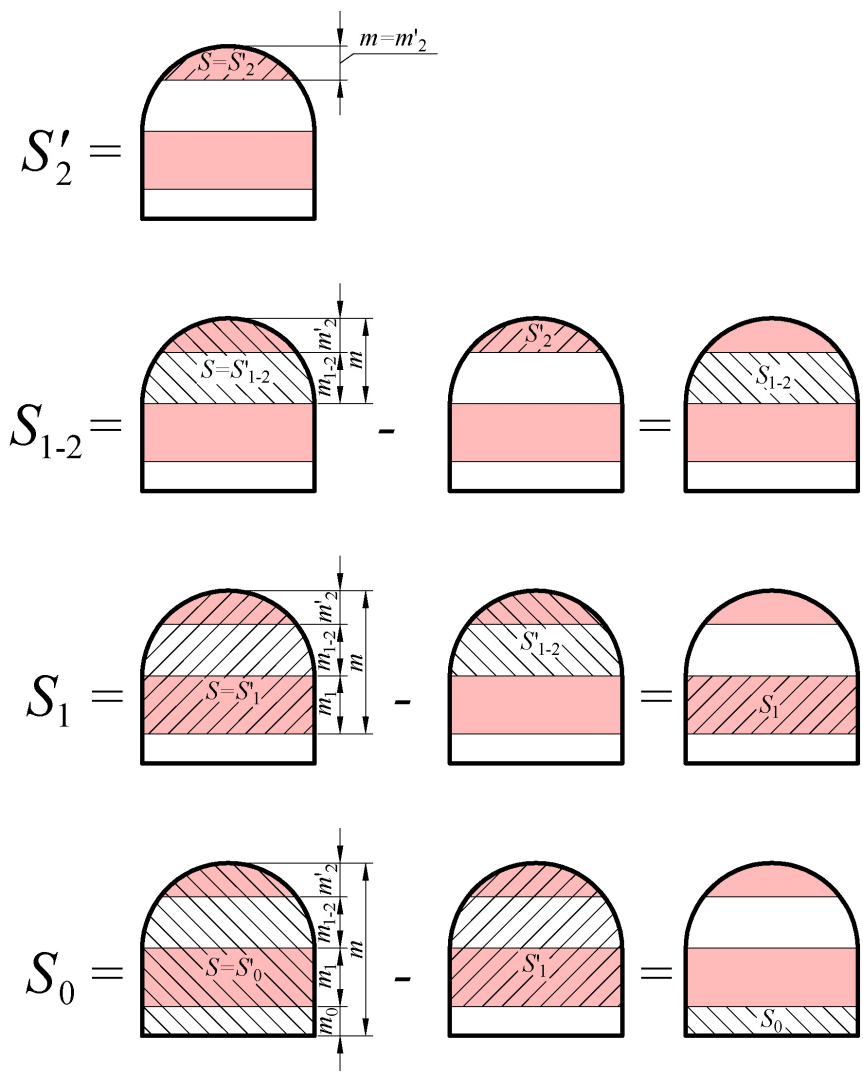


Рис. 3.4. Графическое представление расчета к примеру 2

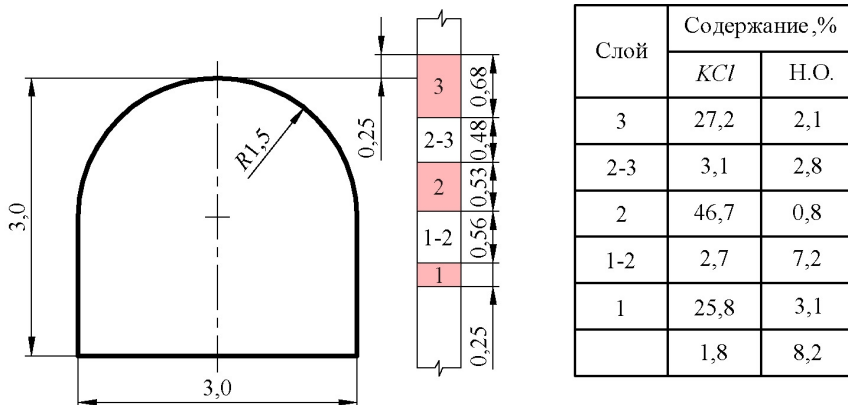


Рис. 3.5. Исходные данные к примеру 3

$$\begin{aligned}
 m &= m'_3 + m_{2-3} + m_2 = \\
 &= 0,43 + 0,48 + 0,53 = 1,44 \text{ м}
 \end{aligned}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} \begin{cases} S = S'_2 = 3,35 \text{ м}^2 \\ S_2 = S'_2 - S'_{2-3} = \\ = 3,35 - 1,8 = 1,55 \text{ м}^2; \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
 m &= m'_3 + m_{2-3} + m_2 + m_{1-2} = \\
 &= 0,43 + 0,48 + 0,53 + 0,56 = \\
 &= 2,0 \text{ м}
 \end{aligned}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} \begin{cases} S = S'_{1-2} = 5,03 \text{ м}^2 \\ S_{1-2} = S'_{1-2} - S'_2 = \\ = 5,03 - 3,35 = 1,68 \text{ м}^2; \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
 m &= m'_3 + m_{2-3} + m_2 + m_{1-2} + \\
 &+ m_1 = 0,43 + 0,48 + 0,53 + \\
 &+ 0,56 + 0,25 = 2,25 \text{ м}
 \end{aligned}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} \begin{cases} S = S'_1 = 5,78 \text{ м}^2 \\ S_1 = S'_1 - S'_{1-2} = \\ = 5,78 - 5,03 = 0,75 \text{ м}^2; \end{cases}$$

$$m = 3,0 \text{ м} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} \begin{cases} S = S'_0 = 8,03 \text{ м}^2 \\ S_0 = S'_0 - S'_1 = \\ = 8,03 - 5,78 = 2,25 \text{ м}^2. \end{cases}$$

Проверка:

$$S'_3 + S_{2-3} + S_2 + S_{1-2} + S_1 + S_0 = 0,62 + 1,18 + 1,55 + 1,68 + 0,75 + 2,25 = 8,03 \text{ м}^2 \Rightarrow \text{верно.}$$

$$\text{KCl}_{\text{cp}} = (\text{KCl}_3 \cdot S'_3 + \text{KCl}_{2-3} \cdot S_{2-3} + \text{KCl}_2 \cdot S_2 + \text{KCl}_{1-2} \cdot S_{1-2} + \text{KCl}_1 \cdot S_1 + \text{KCl}_0 \cdot S_0) / (S'_3 + S_{2-3} + S_2 + S_{1-2} + S_1 + S_0) = (27,2 \cdot 0,62 + 3,1 \cdot 1,18 + 46,7 \cdot 1,55 + 2,7 \cdot 1,68 + 25,8 \cdot 0,75 + 1,8 \cdot 2,25) / (0,62 + 1,18 + 1,55 + 1,68 + 0,75 + 2,25) = 15,05 \% ;$$

$$\text{H.O.}_{\text{cp}} = (\text{H.O.}_3 \cdot S'_3 + \text{H.O.}_{2-3} \cdot S_{2-3} + \text{H.O.}_2 \cdot S_2 + \text{H.O.}_{1-2} \cdot S_{1-2} + \text{H.O.}_1 \cdot S_1 + \text{H.O.}_0 \cdot S_0) / (S'_3 + S_{2-3} + S_2 + S_{1-2} + S_1 + S_0) = (2,1 \cdot 0,62 + 2,8 \cdot 1,18 + 0,8 \cdot 1,55 + 7,2 \cdot 1,68 + 3,1 \cdot 0,75 + 8,2 \cdot 2,25) / (0,62 + 1,18 + 1,55 + 1,68 + 0,75 + 2,25) = 4,82 \% .$$

**Пример 4.** Рассчитать средние показатели качества рудной массы по сечению выработки, пройденной комбайном ПКС-8М с пролетом 4,5 м согласно рис. 3.6.

Данная выработка пройдена комбайном ПКС-8М в два хода по ширине. После первого хода комбайна выработка принимает стандартную арочную форму. После второго хода комбайна выработка принимает законченную форму с плоской частью по кровле шириной 1,5 м.

Для выполнения расчетов сечение данной выработки необходимо разделить на более простые фигуры 1, 2 и 3 (рис. 3.7).

Объединив фигуры 1 и 3 получаем стандартное сечение выработки, пройденной одним ходом комбайна ПКС-8М.

Таким образом, площадь каждого слоя, входящего в сечение выработки, представляет собой сумму площадей двух фигур: выработки арочной формы, пройденной комбайном ПКС-8М и прямоугольника.

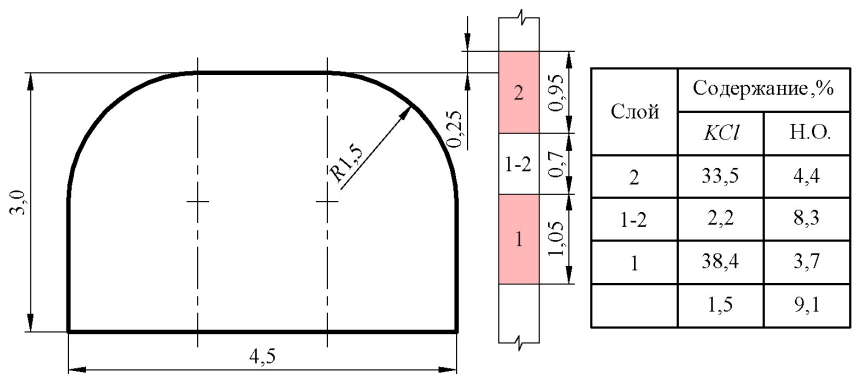


Рис. 3.6. Исходные данные к примеру 4

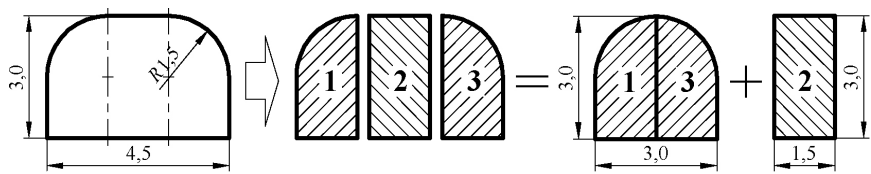


Рис. 3.7 – Преобразование сечения выработки для выполнения расчетов

Расчет состоит из двух этапов: определения площадей слоев, входящих в сечение выработки с помощью табл. 3.1 и непосредственного определения средних показателей качества добытой рудной массы.

$$m'_2 = m_2 - a = 0,95 - 0,25 = 0,7 \text{ м} ;$$

$$m = m'_2 = 0,7 \text{ м} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} \begin{cases} S_{(1)} = 1,25 \text{ м}^2, \\ S'_2 = S_{(1)} + m'_2 \cdot 1,5 = \\ = 1,25 + 0,7 \cdot 1,5 = 2,3 \text{ м}^2; \end{cases}$$

$$m = m'_2 + m_{1-2} = 0,7 + 0,7 = 1,4 \text{ М} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} \begin{cases} S_{(2)} = 3,23 \text{ М}^2 \\ S_{1-2} = S_{(2)} - S_{(1)} + m_{1-2} \cdot 1,5 = \\ = 3,23 - 1,25 + 0,7 \cdot 1,5 = 3,03 \text{ М}^2; \end{cases}$$

$$m = m'_2 + m_{1-2} + m_1 = 0,7 + 0,7 + 1,05 = 2,45 \text{ М} \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} \begin{cases} S_{(3)} = 6,38 \text{ М}^2 \\ S_1 = S_{(3)} - S_{(2)} + m_1 \cdot 1,5 = \\ = 6,38 - 3,23 + 1,05 \cdot 1,5 = \\ = 4,725 \text{ М}^2; \end{cases}$$

$$m_0 = 3,0 - (m'_2 + m_{1-2} + m_1) = 3,0 - (0,7 + 0,7 + 1,05) = 0,55 \text{ М};$$

$$m = 3,0 \xrightarrow{\text{табл. 3.1}} \begin{cases} S_{(4)} = 8,03 \text{ М}^2 \\ S_0 = S_{(4)} - S_{(3)} + m_0 \cdot 1,5 = \\ = 8,03 - 6,38 + 0,55 \cdot 1,5 = 2,475 \text{ М}^2. \end{cases}$$

Проверка:

$$S = 8,03 + 3,0 \cdot 1,5 = 12,53 \text{ М}^2;$$

$$S'_2 + S_{1-2} + S_1 + S_0 = 2,3 + 3,03 + 4,725 + 2,475 = 12,53 \text{ М}^2 = S \Rightarrow \text{верно.}$$

$$\begin{aligned} KCl_{\text{cp}} &= \frac{KCl_2 \cdot S'_2 + KCl_{1-2} \cdot S_{1-2} + KCl_1 \cdot S_1 + KCl_0 \cdot S_0}{S'_2 + S_{1-2} + S_1 + S_0} = \\ &= \frac{33,5 \cdot 2,3 + 2,2 \cdot 3,03 + 38,4 \cdot 4,725 + 1,5 \cdot 2,475}{2,3 + 3,03 + 4,725 + 2,475} = 21,46 \% ; \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{H.O.}_{\text{cp}} &= \frac{\text{H.O.}_2 \cdot S'_2 + \text{H.O.}_{1-2} \cdot S_{1-2} + \text{H.O.}_1 \cdot S_1 + \text{H.O.}_0 \cdot S_0}{S'_2 + S_{1-2} + S_1 + S_0} = \\ &= \frac{4,4 \cdot 2,3 + 8,3 \cdot 3,03 + 3,7 \cdot 4,725 + 9,1 \cdot 2,475}{2,3 + 3,03 + 4,725 + 2,475} = 6,01\%. \end{aligned}$$

**Пример 5.** Рассчитать средние показатели качества добытой рудной массы по сечению выработки, пройденной комбайном «Урал-10А» с пролетом 4,1 м и высотой 2,4 м согласно рис. 3.8.

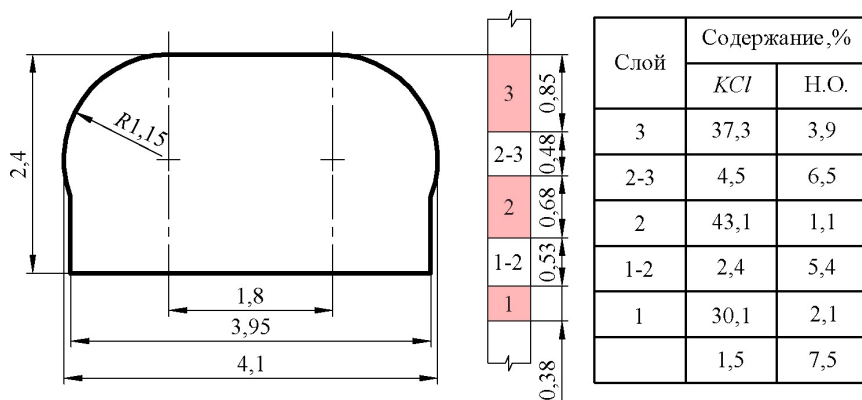


Рис. 3.8 Исходные данные к примеру 5

При определении площадей слоев, входящих в сечение выработки, пройденной комбайном «Урал-10А» с пролетом 4,1 м и высотой 2,4 м используем табл. 3.4.

$$m = m_3 = 0,85 \text{ м} \xrightarrow{\text{табл. 3.4}} S = S_3 = 3,0 \text{ м}^2;$$

$$m = m_3 + m_{2-3} = 0,85 + 0,48 = 1,33 \text{ м} \left. \vphantom{m} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.4}} \begin{cases} S = S'_{2-3} = 5,05 \text{ м}^2 \\ S_{2-3} = S'_{2-3} - S_3 = \\ = 5,05 - 3,0 = 2,05 \text{ м}^2; \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
 m = m_3 + m_{2-3} + m_2 = & \left. \begin{aligned} &= 0,85 + 0,48 + 0,68 = \\ &= 2,01 \text{ м} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.4}} \begin{cases} S = S'_2 = 7,87 \text{ м}^2 \\ S_2 = S'_2 - S'_{2-3} = \\ = 7,87 - 5,05 = 2,82 \text{ м}^2; \end{cases}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m = m_3 + m_{2-3} + m_2 + m_{1-2} = & \left. \begin{aligned} &= 0,85 + 0,48 + 0,68 + 0,53 = \\ &= 2,54 \text{ м} > 2,4 \text{ м} \Rightarrow m = 2,4 \text{ м} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.4}} \begin{cases} S = S'_{1-2} = 9,43 \text{ м}^2 \\ S_{1-2} = S'_{1-2} - S'_2 = \\ = 9,43 - 7,87 = 1,56 \text{ м}^2; \end{cases}
 \end{aligned}$$

$$m'_{1-2} = 2,4 - (m_3 + m_{2-3} + m_2) = 2,4 - (0,85 + 0,48 + 0,68) = 0,39 \text{ м.}$$

Проверка:

$$S_3 + S_{2-3} + S_2 + S_{1-2} = 3,0 + 2,05 + 2,82 + 1,56 = 9,43 \text{ м}^2 \Rightarrow \text{верно.}$$

$$\begin{aligned}
 KCl_{\text{cp}} &= \frac{KCl_3 \cdot S_3 + KCl_{2-3} \cdot S_{2-3} + KCl_2 \cdot S_2 + KCl_{1-2} \cdot S_{1-2}}{S_3 + S_{2-3} + S_2 + S_{1-2}} = \\
 &= \frac{37,3 \cdot 3,0 + 4,5 \cdot 2,05 + 43,1 \cdot 2,82 + 2,4 \cdot 1,56}{3,0 + 2,05 + 2,82 + 1,56} = 26,13 \% ;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Н.О.}_{\text{cp}} &= \frac{\text{Н.О.}_3 \cdot S_3 + \text{Н.О.}_{2-3} \cdot S_{2-3} + \text{Н.О.}_2 \cdot S_2 + \text{Н.О.}_{1-2} \cdot S_{1-2}}{S_3 + S_{2-3} + S_2 + S_{1-2}} = \\
 &= \frac{3,9 \cdot 3,0 + 6,5 \cdot 2,05 + 1,1 \cdot 2,82 + 5,4 \cdot 1,56}{3,0 + 2,05 + 2,82 + 1,56} = 3,88 \% .
 \end{aligned}$$

**Пример 6.** Рассчитать средние показатели качества рудной массы по сечению выработки, пройденной комбайном «Урал-10А» с пролетом 4,1 м и высотой 3,0 м согласно рис. 3.9.

Проходка выработки высотой 3,0 м комбайном «Урал-10А» осуществляется в два хода по высоте. После первого хода комбайна выработка принимает стандартную форму, представленную на рис. 3.8. Вторым ходом комбайна осуществляется выемка уступа в почве выработки высотой 0,6 м.

Для выполнения расчетов сечение данной выработки необходимо разделить на более простые фигуры 1 и 2 (рис. 3.10). Некоторое увеличение сечения выработки будет происходить за счет расширения ее боков с 3,95 м до 4,1 м исполнительным органом комбайна «Урал-10А» при выполнении второго хода. Увеличение сечения выработки практически не сказывается на средних значениях показателей качества добытой рудной массы, поэтому при расчете площадей слоев, входящих в сечение выработки, это увеличение не учитываем.

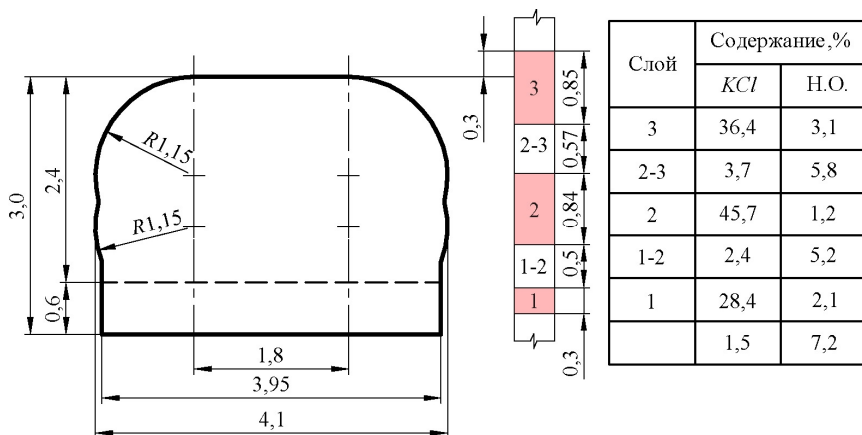


Рис. 3.9 Исходные данные к примеру 6

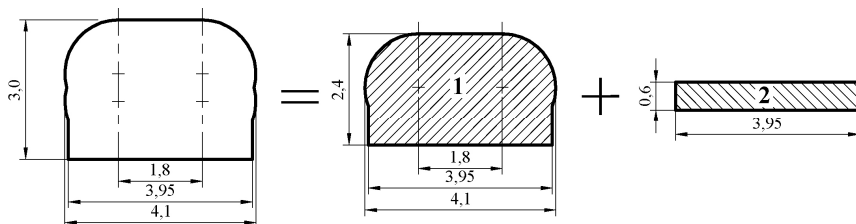


Рис. 3.10 Преобразование сечения выработки для выполнения расчетов

Расчет состоит из двух этапов: определения площадей слоев, входящих в сечение выработки с помощью табл. 3.4 и непосредственного определения средних показателей качества добытой рудной массы.

Вспомогательный рис. 3.11 для определения площадей слоев, входящих в сечение выработки, представлен ниже.

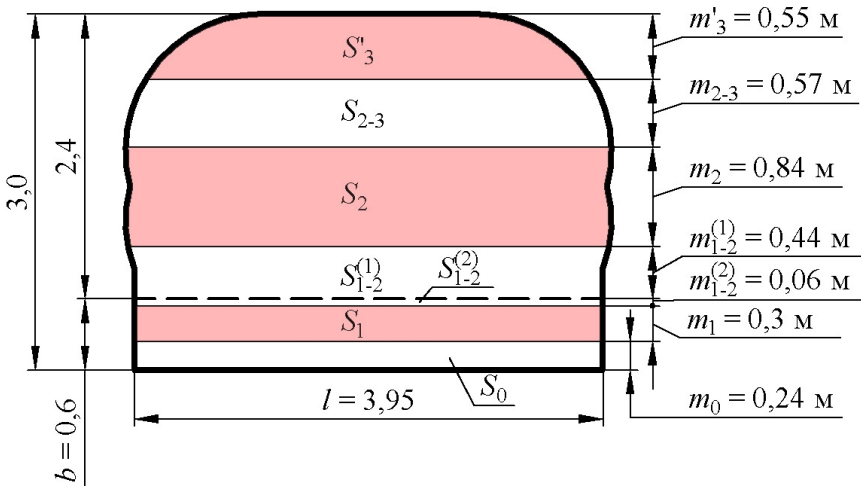


Рис. 3.11 Вспомогательный рисунок к примеру 6

$$m'_3 = m_3 - a = 0,85 - 0,3 = 0,55 \text{ м};$$

$$m = m'_3 = 0,55 \text{ м} \xrightarrow{\text{табл. 3.4}} S = S'_3 = 1,79 \text{ м}^2;$$

$$m = m'_3 + m_{2-3} = 0,55 + 0,57 = 1,12 \text{ м} \left. \vphantom{m = m'_3 + m_{2-3}} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.4}} \begin{cases} S = S'_{2-3} = 4,14 \text{ м}^2 \\ S_{2-3} = S'_{2-3} - S'_3 = \\ = 4,14 - 1,79 = 2,35 \text{ м}^2; \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
 m = m'_3 + m_{2-3} + m_2 = \\
 = 0,55 + 0,57 + 0,84 = 1,96 \text{ м}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} m = m'_3 + m_{2-3} + m_2 = \\ = 0,55 + 0,57 + 0,84 = 1,96 \text{ м} \end{aligned}} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.4}} \begin{cases} S = S'_2 = 7,67 \text{ м}^2 \\ S_2 = S'_2 - S'_{2-3} = \\ = 7,67 - 4,14 = 3,53 \text{ м}^2; \end{cases}$$

$$m = m'_3 + m_{2-3} + m_2 + m_{1-2} = 0,55 + 0,57 + 0,84 + 0,5 = 2,46 \text{ м} > 2,4 \text{ м} .$$

Поскольку сумма мощностей слоев больше высоты выработки при добавлении мощности слоя 1-2, то в сечение выработки присутствует только часть слоя 1-2  $m_{1-2}^{(1)} = 0,44 \text{ м}$  .

$$\begin{aligned}
 m = m'_3 + m_{2-3} + m_2 + m_{1-2}^{(1)} = \\
 = 0,55 + 0,57 + 0,84 + 0,44 = \\
 = 2,4 \text{ м}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} m = m'_3 + m_{2-3} + m_2 + m_{1-2}^{(1)} = \\ = 0,55 + 0,57 + 0,84 + 0,44 = \\ = 2,4 \text{ м} \end{aligned}} \right\} \xrightarrow{\text{табл. 3.4}} \begin{cases} S = S'_{1-2} = 9,43 \text{ м}^2 \\ S_{1-2}^{(1)} = S'_{1-2} - S'_2 = \\ = 9,43 - 7,67 = 1,76 \text{ м}^2 . \end{cases}$$

Проверка:

$$S'_3 + S_{2-3} + S_2 + S_{1-2}^{(1)} = 1,79 + 2,35 + 3,53 + 1,76 = 9,43 \text{ м}^2 \Rightarrow \text{верно} .$$

Далее определяем площади слоев, входящих в выработку, как площади прямоугольников.

$$m_{1-2}^{(2)} = m_{1-2} - m_{1-2}^{(1)} = 0,5 - 0,44 = 0,06 \text{ м};$$

$$S_{1-2}^{(2)} = l \cdot m_{1-2}^{(2)} = 3,95 \cdot 0,06 = 0,24 \text{ м}^2;$$

$$S_1 = l \cdot m_1 = 3,95 \cdot 0,3 = 1,19 \text{ м}^2;$$

$$m_0 = b - m_{1-2}^{(2)} - m_1 = 0,6 - 0,06 - 0,3 = 0,24 \text{ м};$$

$$S_0 = l \cdot m_0 = 3,95 \cdot 0,24 = 0,95 \text{ м}^2 .$$

$$\begin{aligned}
KCl_{cp} &= (KCl_3 \cdot S'_3 + KCl_{2-3} \cdot S_{2-3} + KCl_2 \cdot S_2 + KCl_{1-2} \cdot (S_{1-2}^{(1)} + S_{1-2}^{(2)}) + \\
&+ KCl_1 \cdot S_1 + KCl_0 \cdot S_0) / (S'_3 + S_{2-3} + S_2 + S_{1-2}^{(1)} + S_{1-2}^{(2)} + S_1 + S_0) = \\
&= (36,4 \cdot 1,79 + 3,7 \cdot 2,35 + 45,7 \cdot 3,53 + 2,4 \cdot (1,76 + 0,24) + \\
&+ 28,4 \cdot 1,19 + 1,5 \cdot 0,95) / (1,79 + 2,35 + 3,53 + 1,76 + 0,24 + \\
&+ 1,19 + 0,95) = 23,3 \% ;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H.O._{cp} &= (H.O._3 \cdot S'_3 + H.O._{2-3} \cdot S_{2-3} + H.O._2 \cdot S_2 + H.O._{1-2} \cdot (S_{1-2}^{(1)} + S_{1-2}^{(2)}) + \\
&+ H.O._1 \cdot S_1 + H.O._0 \cdot S_0) / (S'_3 + S_{2-3} + S_2 + S_{1-2}^{(1)} + S_{1-2}^{(2)} + S_1 + S_0) = \\
&= (3,1 \cdot 1,79 + 5,8 \cdot 2,35 + 1,2 \cdot 3,53 + 5,2 \cdot (1,76 + 0,24) + 2,1 \cdot 1,19 + \\
&+ 7,2 \cdot 0,95) / (1,79 + 2,35 + 3,53 + 1,76 + 0,24 + 1,19 + 0,95) = 3,65 \% .
\end{aligned}$$

## 4 РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДОБЫТОЙ РУДНОЙ МАССЫ ПРИ ОЧИСТНЫХ РАБОТАХ

Очистные выработки проводятся по пласту или залежи полезного ископаемого (как правило, без подрывки боковых пород), в которых осуществляется выемка. Забои очистных выработок непрерывно или периодически передвигаются (вновь возобновляются) в пространстве. Форма поперечного сечения очистных выработок и их длина зависят от мощности и угла падения разрабатываемых пластов, рудных тел, залежей и технологии добыча полезного ископаемого.

Различают очистную выемку совместную (валовую) и отдельную (селективную). Совместная производится без выделения слоев, отдельная – слои вынимаются отдельно.

Очистная выемка калийной руды в условиях Старобинского месторождения осуществляется камерной и столбовой системами разработки. Расчет показателей качества добытой рудной массы при ведении очистных работ камерной системой разработки комбайновыми комплексами ПКС-8М и «Урал-10А» аналогичен расчетам, представленным в разделе 3.

Расчет показателей качества добытой рудной массы для столбовой системы разработки зависит от технологии извлечения и особенностей технологической схемы.

*Пример 7. Рассчитать средние показатели качества добытой рудной массы при валовой выемке слоев Второго калийного горизонта согласно исходным данным, представленным на рис. 4.1.*

Согласно рис. 4.1 длина лавы  $L = 200$  м.

При расчете площадей вынимаемых слоев в очистном забое представляем их в виде прямоугольников и не учитываем увеличение их площади за счет выемки слоев у бортовых штреков лавы.

$$m_2 = 0,95 \text{ м}; S_2 = Lm_2 = 200 \cdot 0,95 = 190 \text{ м}^2;$$

$$m_{1-2} = 0,7 \text{ м}; S_{1-2} = Lm_{1-2} = 200 \cdot 0,7 = 140 \text{ м}^2;$$

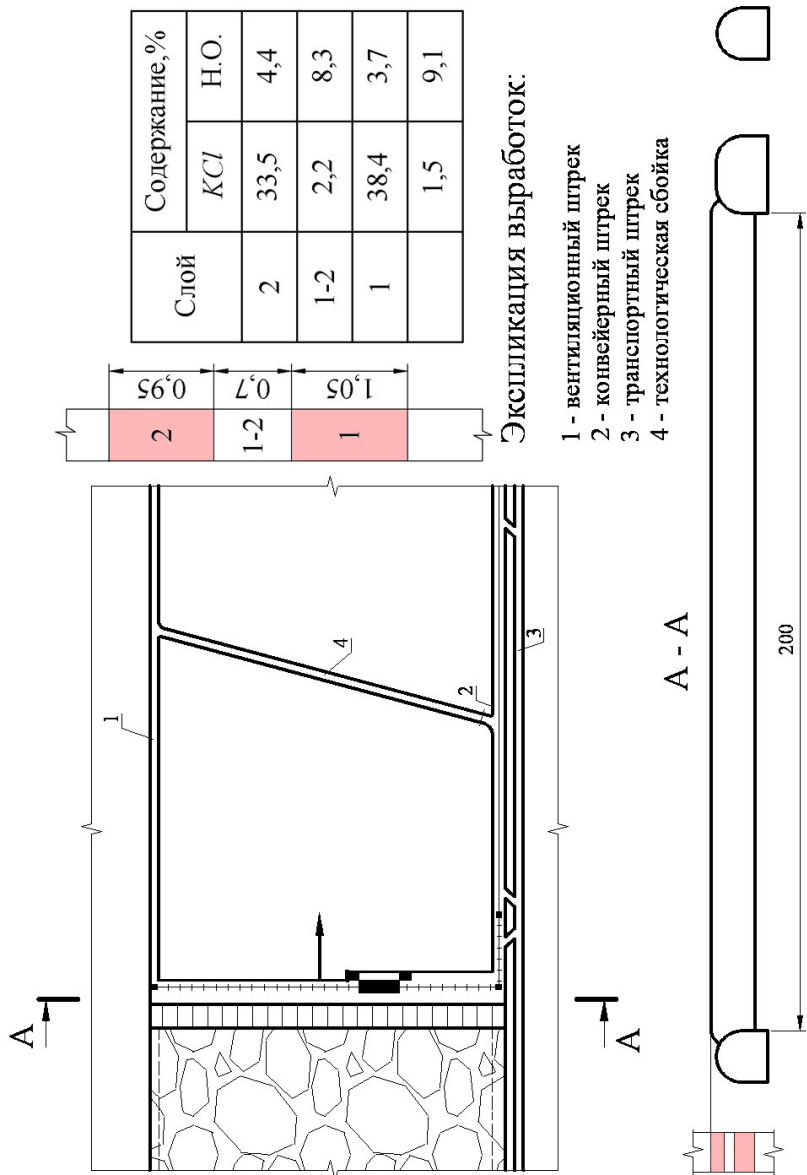


Рис. 4.1. Принципиальная технологическая схема валовой выемки Второго калийного пласта



$$m_1 = 1,05 \text{ м}; S_1 = L \cdot m_1 = 200 \cdot 1,05 = 210 \text{ м}^2;$$

$$\begin{aligned} KCl_{\text{cp}} &= \frac{KCl_2 \cdot S_2 + KCl_{1-2} \cdot S_{1-2} + KCl_1 \cdot S_1}{S_2 + S_{1-2} + S_1} = \\ &= \frac{33,5 \cdot 190 + 2,2 \cdot 140 + 38,4 \cdot 210}{190 + 140 + 210} = 27,29 \%; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H.O.}_{\text{cp}} &= \frac{\text{H.O.}_2 \cdot S_2 + \text{H.O.}_{1-2} \cdot S_{1-2} + \text{H.O.}_1 \cdot S_1}{S_2 + S_{1-2} + S_1} = \\ &= \frac{4,4 \cdot 190 + 8,3 \cdot 140 + 3,7 \cdot 210}{190 + 140 + 210} = 5,14 \%. \end{aligned}$$

В данном примере при расчетах не учтено некоторое ухудшение показателей качества добытой рудной массы за счет прирубки вышележащих и подстилающих продуктивных пласт пород.

Примечание. Для данной технологической схемы в формулах расчета средних показателей качества добытой рудной массы (3.1) и (3.2) вместо площади сечения  $i$ -го слоя  $S_i$  можно использовать мощность  $i$ -го слоя  $m_i$ , поскольку длина лавы является постоянной величиной. Например, в данном примере вместо  $S_2, S_{1-2}, S_1$  можно использовать мощности слоев  $m_2, m_{1-2}, m_1$ .

**Пример 8.** Рассчитать средние показатели качества добытой рудной массы при селективной выемке Второго калийного пласта с закладкой пустых пород в выработанном пространстве лавы в виде породных (бутовых) полос согласно исходным данным, представленным на рис. 4.2.

В расчетах средних показателей качества при селективной выемке калийного пласта следует учитывать особенности технологической схемы (например, частичную валовую выемку слоев на отдельных участках, разделка ниш).

При расчете площадей вынимаемых слоев в очистном забое представляем их в виде прямоугольников и не учитываем увеличение их площади за счет выемки слоев у бортовых и расположенных в поле лавы штреков.

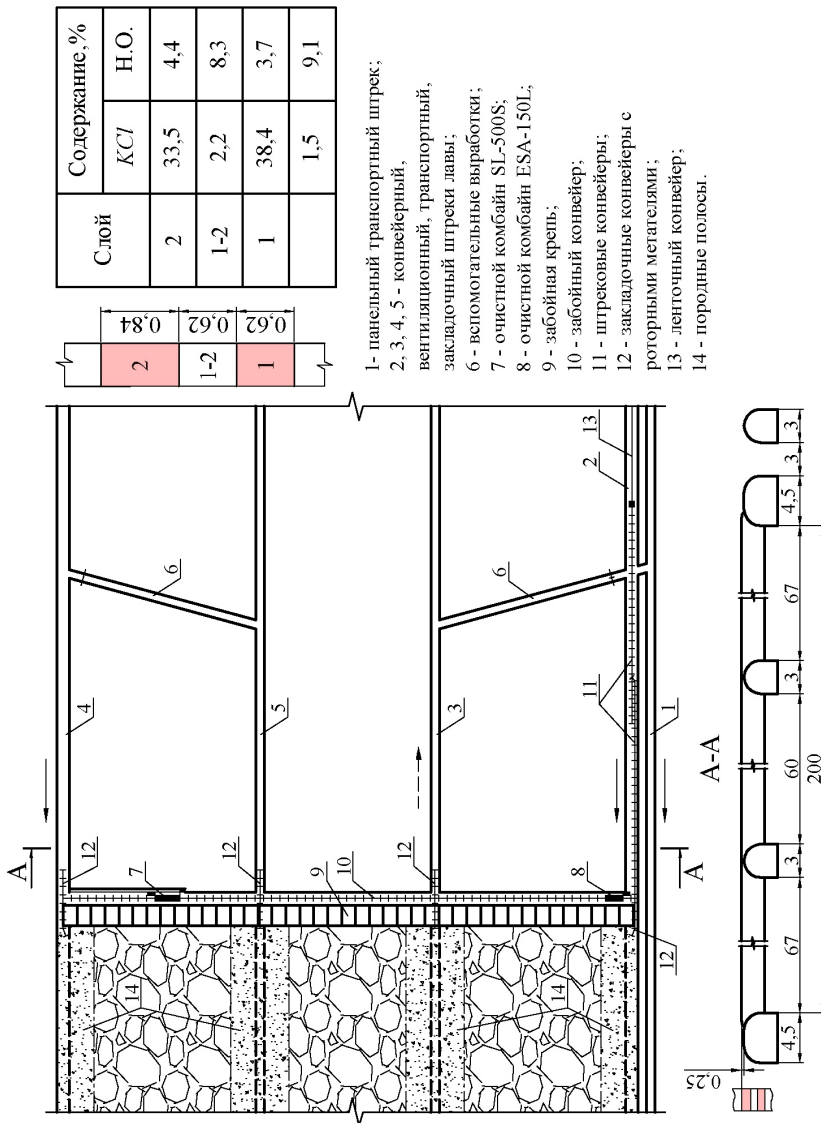


Рис. 4.2. Принципиальная технологическая схема селективной выемки Второго калийного пласта

Согласно рис. 4.2 длина лавы  $L = 200$  м, однако фактически выемка полезного ископаемого осуществляется очистными комбайнами на участке длиной  $L_{\phi}$ , м

$$L_{\phi} = L - b_{\text{ВШЛ}} - b_{\text{ЗШЛ}}, \quad (4.1)$$

где  $b_{\text{ВШЛ}}$  – ширина вентиляционного штрека лавы, м;

$b_{\text{ЗШЛ}}$  – ширина закладочного штрека лавы, м.

$$L_{\phi} = 200 - 3 - 3 = 194 \text{ м}.$$

Частичное ухудшение качества добытой рудной массы при данной технологии выемки происходит в результате:

– выемки галитового слоя 1-2 длиной  $l_k = 15$  м комбайном SL-500S у конвейерного штрека лавы при формировании ниши для выемки слоя галита 1-2 с отгрузкой смешанной рудной массы комбайном ESA-150L (рис. 4.3);

– валовой выемки «уступа» длиной  $l_y = 4$  м комбайном ESA-150L у конвейерного штрека лавы (рис. 4.4).

– частичной выемки галитового слоя 1-2 длиной  $l_k = 15$  м комбайном SL-500S у транспортного штрека лавы при зарубке по слою 2 (рис. 4.5);

– прирубки вышележащих и подстилающих продуктивный пласт галитовых пород.

Вычислим площади фактически вынимаемых слоев  $S_{\phi}$ , м<sup>2</sup>, исходя из перечисленных выше особенностей селективной выемки продуктивного пласта.

$$S_{\phi} = S_1 + S_{1-2} + S_2 + S_{\text{п}}, \quad (4.2)$$

где  $S_1$  – площадь фактически вынимаемого 1-го сильвинитового слоя, м<sup>2</sup>;

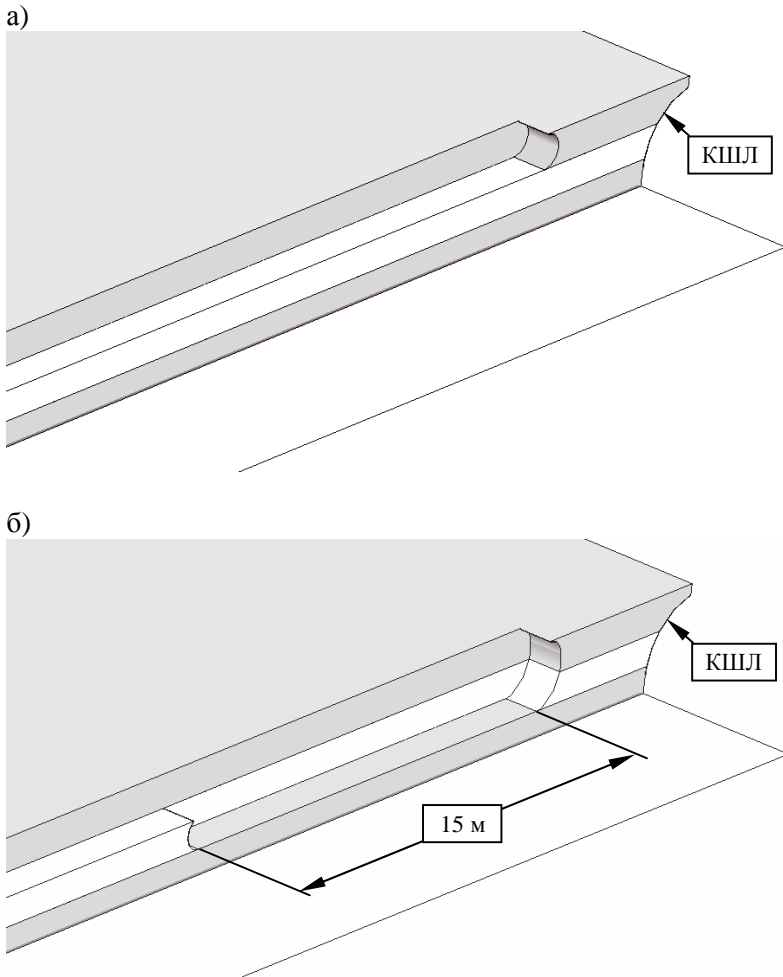


Рис. 4.3. Операции комбайна SL-500S у конвейерного штрека лавы:  
 а – состояние очистного забоя у конвейерного штрека лавы после выемки  
 сильвинита; б – ниша длиной  $l_k = 15$  м у конвейерного штрека лавы для установки  
 исполнительных органов комбайна SL-500S на выемку галитового слоя 1-2;  
 КШЛ – конвейерный штрек лавы

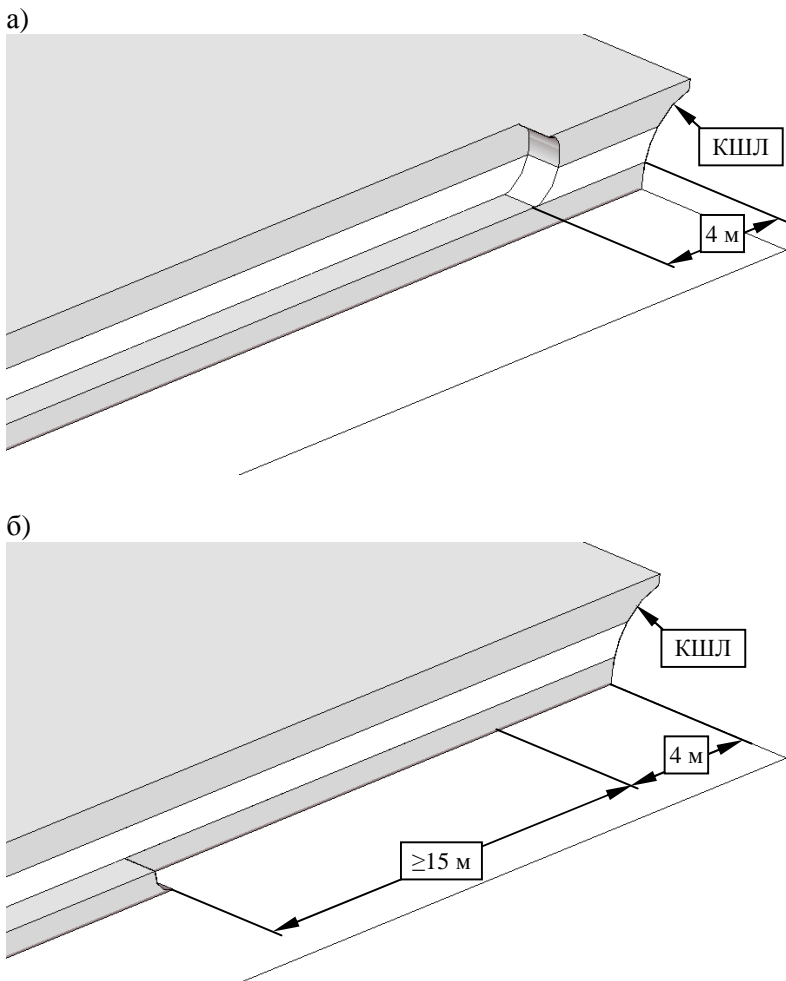


Рис. 4.4. Операции комбайна ESA-150L у конвейерного штрэка лавы:  
а – состояние очистного забоя у конвейерного штрэка лавы после выемки галита комбайном SL-500S; б – состояние очистного забоя у конвейерного штрэка лавы после валовой выемки «уступа» длиной  $l_y = 4$  м и «уступа» по 2-му сильвинитовому слою  $l_k \geq 15$  м комбайном ESA-150L

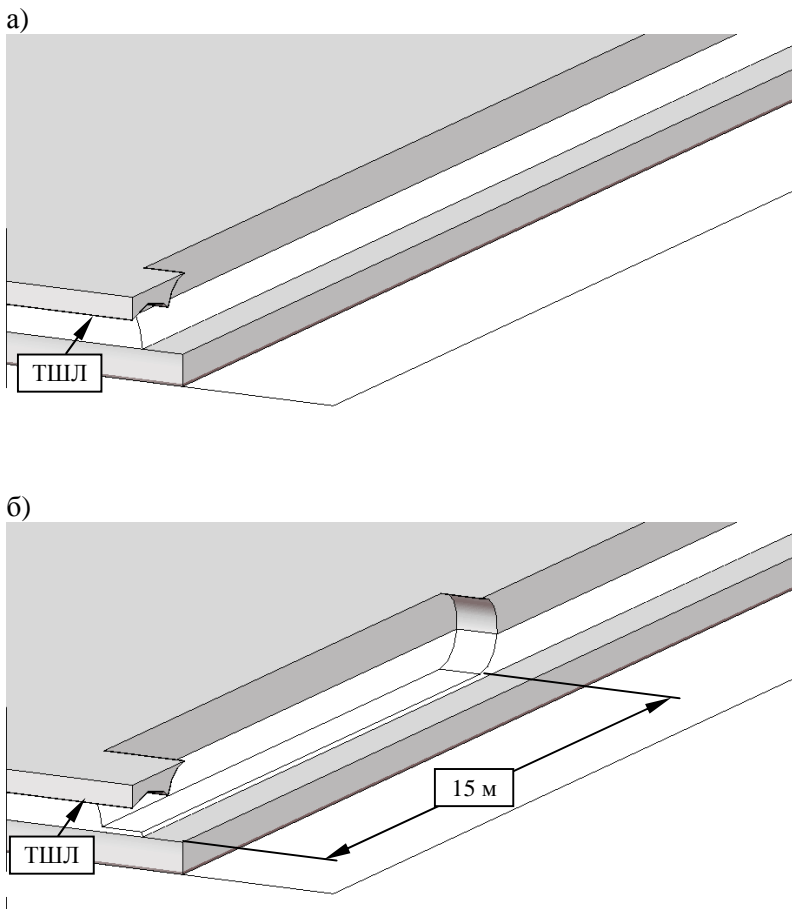


Рис. 4.5. Операции комбайна SL-500S у транспортного штрека лавы:  
а – состояние очистного забоя у транспортного штрека лавы после выемки галита;  
б – ниша длиной  $l_k = 15$  м у транспортного штрека лавы для установки  
исполнительных органов комбайна SL-500S на выемку сильвинитовых слоев 1 и 2;  
ТШЛ – транспортный штрек лавы

$S_{1-2}$  – площадь фактически вынимаемого галитового слоя 1-2, м<sup>2</sup>;  
 $S_2$  – площадь фактически вынимаемого 2-го сильвинитового слоя, м<sup>2</sup>;  
 $S_{\text{п}}$  – площадь прирубаемых вышележащих и подстилающих продуктивный пласт галитовых пород, м<sup>2</sup>.

$$S_1 = L_{\text{ф}} \cdot m_1, \quad (4.3)$$

где  $m_1$  – мощность 1-го сильвинитового слоя, м.

$$m_1 = 0,62 \text{ м}; \quad S_1 = 194 \cdot 0,62 = 120,28 \text{ м}^2.$$

$$S_{1-2} = (l_{\text{к}} + l_{\text{у}}) \cdot m_{1-2} + l_{\text{к}} \cdot m'_{1-2}, \quad (4.4)$$

где  $m_{1-2}$  – мощность галитового слоя 1-2, м;

$l_{\text{к}}$  – длина ниши для установки режущих органов комбайна SL-500S, м;

$l_{\text{у}}$  – длина «уступа» у конвейерного штрека лавы, вынимаемая валовым способом, м;

$m'_{1-2}$  – часть мощности галитового слоя 1-2, вынимаемая при формировании ниши у транспортного штрека лавы комбайном SL-500S, м.

$$m'_{1-2} = \begin{cases} m_{1-2}, & \text{если } d_{\text{и.о}} \geq m_2 + m_{1-2}; \\ d_{\text{и.о}} - m_2, & \text{если } d_{\text{и.о}} < m_2 + m_{1-2}, \end{cases} \quad (4.5)$$

где  $d_{\text{и.о}}$  – диаметр большого исполнительного органа комбайна SL-500S, м;

$m_2$  – мощность 2-го сильвинитового слоя, м.

$$\begin{aligned}
 l_{\text{к}} &= 15 \text{ м}; \quad l_{\text{у}} = 4 \text{ м}; \quad d_{\text{и.о}} = 1,4 \text{ м}; \quad m_{1-2} = 0,62 \text{ м}; \quad m_2 = 0,84 \text{ м}; \\
 m_2 + m_{1-2} &= 0,84 + 0,62 = 1,46 \text{ м} > d_{\text{и.о}} = 1,4 \text{ м} \Rightarrow m'_{1-2} = 1,4 - 0,84 = \\
 &= 0,56 \text{ м};
 \end{aligned}$$

$$S_{1-2} = (15 + 4) \cdot 0,62 + 15 \cdot 0,56 = 20,18 \text{ м}^2$$

$$S_2 = L_{\Phi} \cdot m_2 . \quad (4.6)$$

$$S_2 = 194 \cdot 0,84 = 162,96 \text{ м}^2 .$$

$$S_{\Pi} = m' \cdot L , \quad (4.7)$$

где  $m'$  – мощность прирубаемых вышележащих и подстилающих продуктивный пласт галитовых пород, м.

Исходя из условий работы очистных комплексов лав в условиях Старобинского месторождения калийных солей  $m' = 0,05 \div 0,07$  м .

Поскольку диаметр малого исполнительного органа комбайна SL-500S составляет 0,85 м, что больше геологической мощности 2-го сильвинитового слоя  $m_2 = 0,84$  м, то в величину  $m'$  вводим 0,01 м, необходимый для позиционирования малого исполнительного органа по слою 2. Принимаем  $m' = 0,07$  м .

$$S_{\Pi} = 0,07 \cdot 200 = 14 \text{ м}^2 ;$$

$$S_{\Phi} = 120,28 + 20,18 + 162,96 + 14 = 317,42 \text{ м}^2 .$$

Формулы (3.1) и (3.2) примут вид

$$\begin{aligned} KCl_{\text{cp}} &= \frac{KCl_1 \cdot S_1 + KCl_{1-2} \cdot S_{1-2} + KCl_2 \cdot S_2 + KCl_{\Pi} \cdot S_{\Pi}}{S_1 + S_{1-2} + S_2 + S_{\Pi}} = \\ &= \frac{38,4 \cdot 120,28 + 2,2 \cdot 20,18 + 33,5 \cdot 162,96 + 1,5 \cdot 14}{120,28 + 20,18 + 162,96 + 14} = 31,96 \% ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H.O.}_{\text{cp}} &= \frac{\text{H.O.}_1 \cdot S_1 + \text{H.O.}_{1-2} \cdot S_{1-2} + \text{H.O.}_2 \cdot S_2 + \text{H.O.}_{\Pi} \cdot S_{\Pi}}{S_1 + S_{1-2} + S_2 + S_{\Pi}} = \\ &= \frac{3,7 \cdot 120,28 + 8,3 \cdot 20,18 + 4,4 \cdot 162,96 + 9,1 \cdot 14}{120,28 + 20,18 + 162,96 + 14} = 4,59 \% . \end{aligned}$$



## 5 РАЗУБОЖИВАНИЕ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО И ПОКАЗАТЕЛИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ

При добыче полезного ископаемого в подготовительных и очистных забоях происходит его разубоживание.

Включенные в подсчет балансовых запасов сильвинитовые и галитовые слои Первого, Второго и Третьего калийных горизонтов Старобинского месторождения представлены на рис. 5.1.

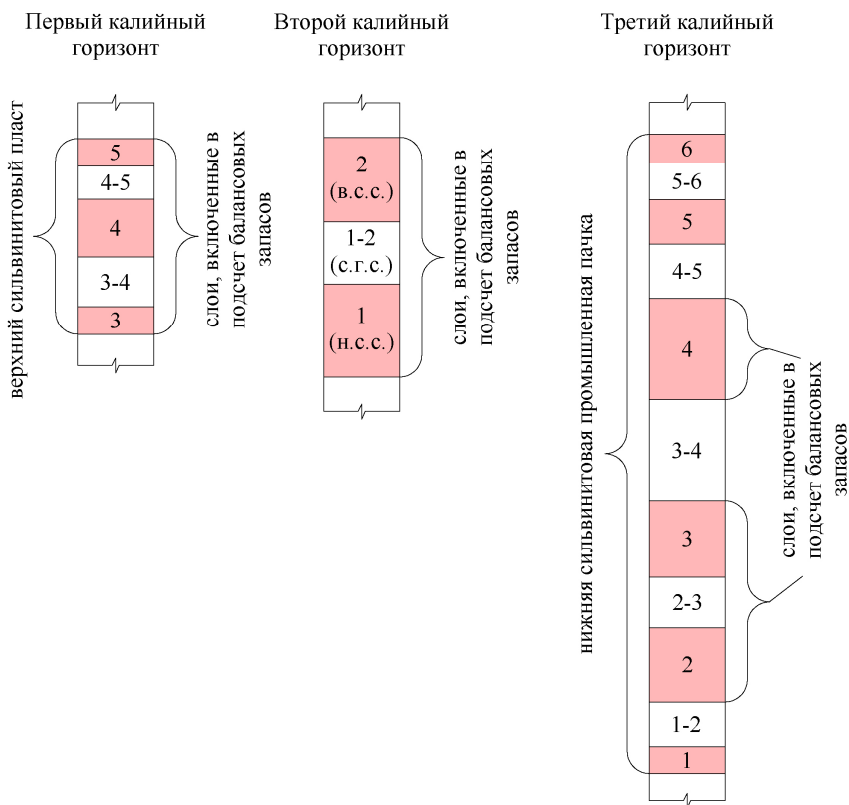


Рис. 5.1. Калийные пласты Старобинского месторождения, включенные в подсчет балансовых запасов

В подготовительных забоях разубоживание происходит за счет выемки некондиционных слоев. Обусловлено это в первую очередь конструкцией исполнительных органов проходческо-добычных комбайнов типа ПКС-8М и «Урал-10А». В очистных забоях при столбовой системе разработки, как правило, осуществляется прихват 3–5 см пустой породы выше и ниже вынимаемого пласта. При селективной выемке столбовой системой разработки разубоживание происходит за счет примешивания пустой породы в результате раздельного извлечения слоев полезного ископаемого и пустой породы.

Разубоживание характеризуется коэффициентом разубоживания (коэффициентом потерь качества)  $P$ , д. ед., определяемым по формуле

$$P = \frac{B}{D + B}, \quad (5.1)$$

где  $D$  – добытое полезное ископаемое, т;

$B$  – добытые разубоживающие породы, т.

Для учета разубоживания в расчетах показателей качества добытой рудной массы, как правило, вводят понижающие коэффициенты. Например, понижающий коэффициент для полезного компонента КС1 в расчетах принимается  $k = 1 - P = 0,95$ .

В условиях Старобинского месторождения калийных солей объемный вес добываемого полезного ископаемого представляет весьма выдержанную величину на всех шахтных полях и составляет:

- для Первого калийного пласта 1 РУ – 2,10 т/м<sup>3</sup>;
- для Второго калийного пласта 1–4 РУ – 2,09 т/м<sup>3</sup>;
- для Третьего калийного пласта 1–4 РУ – 2,11 т/м<sup>3</sup>;
- для пласта каменной соли 1 РУ – 2,15 т/м<sup>3</sup>.

При разработке Старобинского месторождения наряду с коэффициентом разубоживания  $P$  используется коэффициент изменения качества  $K_k$ , д. ед., определяемый по формуле

$$K_k = \frac{a}{c}, \quad (5.2)$$

где  $a$  – содержание полезного компонента в добытой рудной массе, %;

$c$  – содержание полезного компонента в погашенных балансовых запасах, %.

Коэффициент извлечения руды из недр  $K_p$ , д. ед., определяется по формуле

$$K_p = \frac{(D + B) \cdot a}{B \cdot c}, \quad (5.3)$$

где  $B$  – количество погашенных балансовых запасов, т.

Этот коэффициент характеризует полноту извлечения полезного компонента из недр с учетом привноса разубоживающих пород, содержащих незначительное количество полезного компонента.

Коэффициент извлечения полезного компонента из недр  $K_n$ , д. ед., определяется по формуле

$$K_n = \frac{(D + B) \cdot a - B \cdot b}{B \cdot c} \quad (5.4)$$

где  $b$  – содержание полезного компонента в добытых разубоживающих породах, %.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маркшейдерская энциклопедия / гл. ред. Л. А. Пучков. – М. : Изд-во «Мир горной книги», 2006. – 605 с.
2. Инструкция по определению и учету количественных и качественных потерь сильвинита и каменной соли при добыче на Старобинском месторождении : утв. гл. инженером ОАО «Белгорхимпром» 06.12.2007. – Минск, 2007. – 32 с.
3. Инструкция по применению систем разработки на Старобинском месторождении : утв. гл. инженером РУП «ПО «Беларуськалий» 04.02.2010. – Солигорск – Минск, 2010. – 152 с.
4. Инструкция по производству геологоразведочных работ на рудниках РУП «ПО «Беларуськалий» : утв. ген. директором РУП «ПО «Беларуськалий» 28.12.2001. – Минск, 2001. – 133 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	4
2 ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ .....	7
3 РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДОБЫТОЙ РУДНОЙ МАССЫ ПРИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ .....	13
4 РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДОБЫТОЙ РУДНОЙ МАССЫ ПРИ ОЧИСТНЫХ РАБОТАХ.....	38
5 РАЗУБОЖИВАНИЕ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО И ПОКАЗАТЕЛИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ .....	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	51

Учебное издание

**ДЕШКОВСКИЙ** Василий Николаевич

**РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА  
ДОБЫТОЙ РУДНОЙ МАССЫ  
ПРИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ  
И ОЧИСТНЫХ РАБОТАХ**

Методическое пособие  
для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка  
месторождений полезных ископаемых»  
направления 1-51 02 01-02 «Подземные горные работы»

Технический редактор *О. В. Песенько*

Подписано в печать 31.08.2012. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 3,08. Уч.-изд. л. 2,41. Тираж 100. Заказ 363.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.

ISBN 978-985-525-892-7



9 789855 258927