

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ РАБОТ В ДИНАМИКЕ РАЗРАБОТКИ ПОЛОГИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Г.Я. Корсунский, Е.А. Коноплева, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Украина

В данной статье рассмотрена методика расчета основных показателей рекультивационных работ в динамике разработки пологих месторождений.

Рекультивация земель, нарушенных горными работами, призвана возродить их продуктивность и плодородие, сводя к минимуму негативное воздействие открытых горных работ на природную среду.

Основными технологическими процессами при выполнении рекультивационных работ являются.

В карьере:

- 1) подготовка площади горного отвала карьера к съему чернозема;
- 2) устройство подъездных дорог;
- 3) выемка и погрузка в средства транспорта чернозема;
- 4) транспортирование чернозема к временным складам (буртам) или непосредственно на рекультивируемую поверхность отвала;

5) хранение чернозема во временных складах (буртах);

6) выемка и погрузка потенциально-плодородных пород (суглинков);

7) транспортирование суглинков на рекультивируемую поверхность отвала;

На отвале:

1) планировка поверхности отвала после производства горных работ;

2) устройство подъездных дорог;

3) покрытие спланированной поверхности отвала слоем суглинков (не менее 2-3 метров);

4) покрытие суглинков слоем чернозема и планировка (разравнивание) его на поверхности;

5) террасирование (выполаживание) бортов и откосов отвала;

6) устройство дренажной сети;

7) мелиоративная и агрохимическая подготовка рекультивируемых земель;

8) биологическая рекультивация земель.

Рекультивация земель, нарушенных горными работами, производится на всех стадиях разработки месторождения (вскрытие и разработка месторождения, завершение горных работ).

Известные методики расчета показателей рекультивационных работ не учитывают динамику развития горных работ на всех стадиях разработки месторождения.

Ниже приведена методика расчета основных показателей рекультивационных работ в динамике разработки пологих месторождений.

К основным показателям рекультивационных работ относятся – годовые объемы уложенных суглинков, годовые объемы уложенного чернозема, площадь рекультивируемого внутреннего отвала, объем капитальной и разрезной траншей V_{mp} , объем чернозема, вынимаемый в период строительства карьера $V_{ч}$, площадь под внешний отвал $S_{в.н}$, площадь под внутренний отвал $S_{в}$, площадь под капитальную траншею $S_{к}$, площадь под выездную траншею $S_{в.т}$, площадь под остаточную траншею $S_{о.т}$, коэффициент рекультивации K_p .

Характерной особенностью при разработке пологих месторождений является то, что рекультивационные работы выполняются на внешних и внутренних отвалах

Основой методики расчета основных показателей рекультивационных работ в динамике развития горных работ являются три электронные таблицы (табл.1, 2 3), которые связаны общим программным обеспечением.

В табл. 1 заносятся по блокам исходные данные геологических скважин: мощность вскрыши H , мощность полезного ископаемого h , мощность суглинков h_c , мощность чернозема $h_{ч}$. На основании введенных в электронную табл. 1 этих данных в автоматическом режиме определяются средние значения их показателей в каждом блоке (h_{c_c} , $h_{ч_c}$).

При составлении электронной таблицы 1 используется встроенная функция ПО MS Excel «СРЗНАЧ», возвращающая среднее значение из диапазона данных.

В табл. 2 автоматически переносятся данные из табл. 1 (мощность вскрыши H , мощность полезного ископаемого h , расчётные показатели табл. 1 (h_c, h_e), задаются ширина ($L_{ш}$) и длина ($L_{д}$) каждого блока. В электронной табл. 2 выполняются расчеты объемов вскрыши в блоке ($V_{в}$), объем полезного ископаемого ($V_{пш}$), суглинков (V_c) и чернозема (V_q), а также время разработки блока ($t_{б}$), сопоставление с календарем относительно начала ($T_{б.н}$) и конца ($T_{б.к}$) разработки месторождения.

На основании программного обеспечения в электронной табл.2 определяются следующие показатели:

Объем вскрыши в блоке карьерного поля

$$V_{\bar{A}} = L_{\bar{O}} \cdot L_{\bar{A}} \cdot \bar{I}, \quad \bar{i}^3$$

Объем полезного ископаемого в блоке карьерного поля

$$V_{пш} = L_{ш} \cdot L_{д} \cdot h, \quad \text{м}^3$$

Объем суглинков в блоке карьерного поля

$$V_c = L_{ш} \cdot L_{д} \cdot h_c, \quad \text{м}^3$$

Объем чернозёма в блоке карьерного поля

$$V_q = L_{ш} \cdot L_{д} \cdot h_q, \quad \text{м}^3$$

Время разработки блока карьерного поля

$$t_{б} = \frac{V_{пш} \cdot \rho}{Q}, \quad \text{лет}$$

В табл. 3 выполняются расчетные показатели для календарного планирования объёмов выемки суглинков и чернозема при разработке пологих месторождений. Для планируемых лет разработки месторождения на основании расчетных данных табл. 1 (h_c, h_q) и табл. 2 ($t_{б}$), а также введенных данных средней длины фронта вскрышных работ ($L_{ф}$) и годового перемещения фронта горных работ (I) определяются годовые объемы выемки суглинков (V_c) и чернозема (V_q).

Электронной табл. 3 определяются следующие показатели:

Ширина внешнего отвала

$$L_{ш.о} = \frac{V_K + V_P - H_{о.в}^2 \text{ctg} \beta L_{д.о} + 0,5 H_{о.в}^3 \text{ctg}^2 \beta}{H_{о.в} L_{д.о} + H_{о.в}^2 \text{ctg} \beta}, \text{ м},$$

где V_K – объем капитальной траншеи, м^3 ; V_P – объем разрезной траншеи, м^3 ; $H_{о.в}$ – высота внешнего отвала, м; β – угол естественного откоса отвала, град; $L_{д.о}$ – длина внешнего отвала, м.

Объем чернозема под внешним отвалом

$$V_{\times \bar{A} \bar{i} \bar{i}} = L_{\bar{O} \bar{i}} \cdot L_{\bar{A} \bar{i}} \cdot h_{\times}, \text{ м}^3,$$

где h_q – мощность чернозема, м

Площадь внутреннего отвала

$$S_{\bar{A} \bar{i} \bar{i}} = (L + H_o \text{ctg} \gamma_{\delta} - b - H_o \text{ctg} \beta)(L_{\bar{a}} + H_o \text{ctg} \gamma_{\delta} - B - H_o \text{ctg} \beta), \text{ м}^2,$$

где L – ширина карьерного поля по полезному ископаемому, м; H_T – глубина залегания полезного ископаемого, м; γ_p – результирующий угол откоса вскрышного уступа, град; b – ширина выездной траншеи, м; β – угол откоса отвального уступа, град; B – ширина по низу остаточной (разрезной) траншеи, м; $L_{д}$ – длина карьерного поля, м; H_o – высота внутреннего отвала, м.

Результирующий угол вскрышного уступа определяется:

$$\gamma_{\delta} = \operatorname{arctg} \frac{\dot{I}}{\varnothing_{\gamma} + \dot{I} \cdot \operatorname{ctg} \gamma}, \text{ град,}$$

где H – мощность вскрыши, м; $Ш_{II}$ – ширина площадки первого уступа, м;
 γ – угол откоса вскрышного уступа, град.

Объем чернозема в пределах карьерного поля

$$V_{\times, \dot{A}i, \dot{I}} = S_{\dot{A}i, \dot{I}} h_{\times}, \text{ м}^3$$

Площадь земли под разрезную траншею

$$S_{D, \delta} = (L + 2H_T \operatorname{ctg} \gamma_{\delta})(B + H_T \operatorname{ctg} \gamma_{\delta} + H_T \operatorname{ctg} \beta), \text{ м}^2$$

Объем чернозема в пределах границ разрезной траншеи

$$V_{\times, D, \delta} = S_{D, \delta} h_{\times}, \text{ м}^3$$

Площадь земли под капитальную траншею

$$S_{KT} = \frac{(b + H_T \operatorname{ctg} \gamma_H) H_T}{i}, \text{ м}^2,$$

где γ_H – угол откоса нерабочего борта уступа, град; i – уклон капитальной траншеи.

Объем чернозема в пределах границ капитальной траншеи

$$V_{\times, K, T} = S_{K, T} h_{\times}, \text{ м}^3$$

Годовое перемещение фронта горных работ

$$\dot{I}_{\dot{A}} = \frac{Q_K}{Lh\rho}, \text{ м/год,}$$

где Q_K – производительность карьера, т/год; h – мощность полезного ископаемого, м; ρ – плотность полезного ископаемого, кг/м³

Продолжительность разработки месторождения

$$T_{II} = \frac{L_d L h \rho}{Q_K}, \text{ лет.}$$

Годовая площадь рекультивируемого внутреннего отвала

$$S_{P, \dot{A}i, \dot{I}} = \dot{I}_{\dot{A}} (L + \dot{I}_{\delta} \operatorname{ctg} \gamma_{\delta} - b - \dot{I} K_p \operatorname{ctg} \beta), \text{ м}^2,$$

где K_p – коэффициент разрыхления вскрышных пород

Площадь земли под выездную траншею

$$S_{BT} = (L_d - B - HK_p \operatorname{ctg} \beta_p)(H_T \operatorname{ctg} \gamma_H + b + HK_p \operatorname{ctg} \beta), \text{ м}^2,$$

где β_p – результирующий угол откоса внутреннего отвала, град

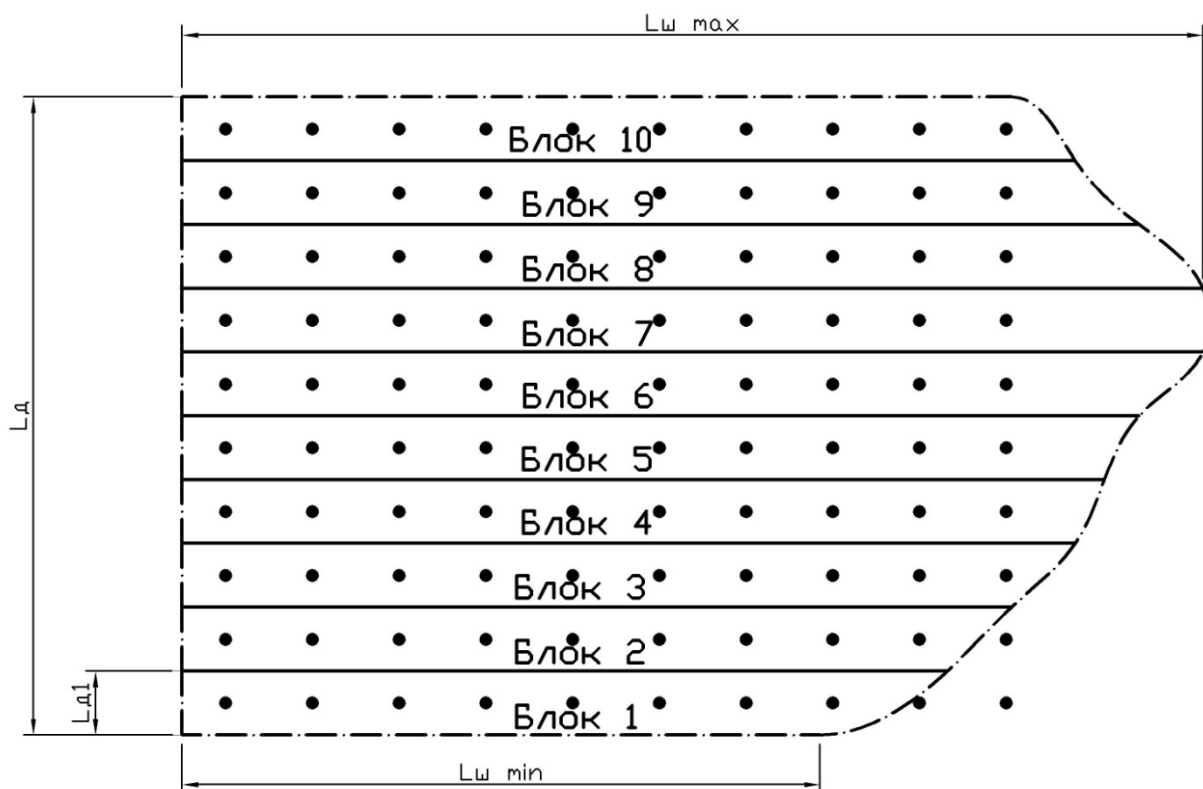
Площадь под остаточную траншею

$$S_{O, T} = (L_{ДФ} + 2H_T \operatorname{ctg} \gamma_H)(H_T \operatorname{ctg} \gamma_H + HK_p \operatorname{ctg} \beta_p), \text{ м}^2,$$

где $L_{ДФ}$ – длина остаточной траншеи, м.

Эффективность данной расчетной методики покажем на примере работы карьера в горно-технических условиях Никопольского марганцевого бассейна. Принята бестранспортная система разработки пологого месторождения.

Исходные данные, которые использованы для выполнения расчета основных показателей рекультивационных работ в динамике разработки пологих месторождений: уклон капитальной траншеи, $i=0,06$ тыс. о/оо; ширина капитальной траншеи по низу, $b=30$ м; ширина разрезной траншеи по низу, $B=40$ м; результирующий угол откоса внутреннего отвала, $\beta_p=30^{\circ}$; результирующий угол рабочего борта карьера, $\gamma_p=45^{\circ}$; результирующий угол нерабочего борта карьера, $\gamma_H=45^{\circ}$; высота внешнего отвала, $H_{o.k.p}=25$ м; естественный угол откоса отвала, $\beta=35^{\circ}$; коэффициент разрыхления вскрышных пород $K_p=1,2$; отставание рекультивационных работ от начала разработки месторождения, $n_p=2$ года; плотность полезного ископаемого, $\rho=2$ т/м³; производственная мощность карьера, $Q=1000000$ м²



- Условные обозначения:
- Граница карьерного поля
 - Граница блока
 - Сважина

Рис. 1. Карьерное поле пологого месторождения

Таблица 1. Исходные данные геологических скважин

| № блока | Скв.№1 | | | | Скв.№2 | | | | Скв.№3 | | | | Скв.№4 | | | |
|---------|--------|------|--------------------|--------------------|--------|------|--------------------|--------------------|--------|------|--------------------|--------------------|--------|------|--------------------|--------------------|
| | Н, м | h, м | h _с , м | h _ч , м | Н, м | h, м | h _с , м | h _ч , м | Н, м | h, м | h _с , м | h _ч , м | Н, м | h, м | h _с , м | h _ч , м |
| 1 | 50 | 1,5 | 3 | 0,2 | 57 | 2,4 | 3 | 0,6 | 59 | 2,9 | 5 | 0,4 | 62 | 1,9 | 3 | 0,4 |
| 2 | 52 | 2 | 4 | 0,3 | 60 | 2,5 | 2 | 0,5 | 60 | 2,3 | 4 | 0,5 | 59 | 1,8 | 2 | 0,3 |
| 3 | 55 | 1,9 | 5 | 0,4 | 58 | 2,7 | 2 | 0,4 | 57 | 2,4 | 3 | 0,6 | 57 | 2,1 | 2 | 0,4 |
| 4 | 53 | 1,8 | 4 | 0,5 | 59 | 2,9 | 3 | 0,3 | 57 | 2,5 | 2 | 0,5 | 54 | 2,3 | 3 | 0,5 |
| 5 | 54 | 2,1 | 3 | 0,6 | 60 | 2,3 | 4 | 0,4 | 58 | 3 | 2 | 0,4 | 57 | 2,6 | 4 | 0,2 |
| 6 | 57 | 2,3 | 2 | 0,5 | 57 | 2,4 | 5 | 0,5 | 59 | 2,1 | 3 | 0,3 | 60 | 2,8 | 5 | 0,3 |
| 7 | 60 | 2,4 | 2 | 0,4 | 57 | 2,5 | 3 | 0,2 | 60 | 2,3 | 3 | 0,4 | 58 | 2,7 | 3 | 0,4 |
| 8 | 58 | 2,5 | 3 | 0,3 | 58 | 3 | 4 | 0,3 | 57 | 2,5 | 4 | 0,5 | 59 | 2,7 | 4 | 0,5 |
| 9 | 59 | 2,7 | 4 | 0,4 | 59 | 2,7 | 5 | 0,4 | 58 | 2,6 | 4 | 0,2 | 60 | 2,9 | 5 | 0,6 |
| 10 | 60 | 2,9 | 5 | 0,5 | 61 | 2,9 | 4 | 0,5 | 59 | 2,7 | 5 | 0,3 | 63 | 3 | 4 | 0,5 |
| № блока | Скв.№5 | | | | Скв.№6 | | | | Скв.№7 | | | | Скв.№8 | | | |
| | Н, м | h, м | h _с , м | h _ч , м | Н, м | h, м | h _с , м | h _ч , м | Н, м | h, м | h _с , м | h _ч , м | Н, м | h, м | h _с , м | h _ч , м |
| 1 | 50 | 2,2 | 5 | 0,4 | 54 | 2,9 | 5 | 0,3 | 59 | 2,4 | 5 | 0,4 | 57 | 1,9 | 2,5 | 0,4 |
| 2 | 52 | 2,1 | 4 | 0,5 | 57 | 2,3 | 3 | 0,4 | 57 | 1,5 | 4 | 0,5 | 54 | 1,8 | 2,3 | 0,5 |
| 3 | 55 | 2,3 | 3 | 0,6 | 60 | 2,4 | 4 | 0,5 | 58 | 2 | 3 | 0,5 | 57 | 2,1 | 2,6 | 0,2 |
| 4 | 53 | 2,6 | 2 | 0,5 | 58 | 2,5 | 5 | 0,2 | 59 | 1,9 | 3 | 0,4 | 60 | 2,3 | 2,7 | 0,3 |
| 5 | 54 | 2,8 | 2 | 0,4 | 59 | 3 | 4 | 0,3 | 54 | 1,8 | 2 | 0,3 | 58 | 2,6 | 2,4 | 0,4 |
| 6 | 57 | 2,7 | 3 | 0,3 | 60 | 2,4 | 3 | 0,4 | 57 | 2,1 | 2 | 0,4 | 59 | 2,8 | 2,5 | 0,5 |
| 7 | 57 | 2,7 | 4 | 0,4 | 58 | 2,5 | 2 | 0,6 | 60 | 2,3 | 3 | 0,5 | 60 | 2,7 | 2,8 | 0,6 |

| 8 | 59 | 2,9 | 5 | 0,5 | 59 | 3 | 2 | 0,5 | 58 | 2,4 | 3 | 0,2 | 63 | 2,7 | 2,7 | 0,5 | |
|---------|---------------------|------|--------------------|--------------------|---------|---------------------|------|--------------------|--------------------|-----|---|-----|----|-----|-----|-----|--|
| 9 | 62 | 3 | 4 | 0,2 | 63 | 2,7 | 3 | 0,4 | 59 | 2,8 | 4 | 0,3 | 62 | 2,9 | 2,9 | 0,6 | |
| 10 | 64 | 3,1 | 5 | 0,3 | 64 | 2,9 | 4 | 0,5 | 60 | 3,1 | 5 | 0,4 | 59 | 3 | 3 | 0,5 | |
| № блока | Средние значения, м | | | | № блока | Средние значения, м | | | | | | | | | | | |
| | Н, м | h, м | h _с , м | h _ч , м | | Н, м | h, м | h _с , м | h _ч , м | | | | | | | | |
| 1 | 56,0 | 2,3 | 3,9 | 0,4 | 6 | 58,3 | 2,5 | 3,2 | 0,4 | | | | | | | | |
| 2 | 56,4 | 2,0 | 3,2 | 0,4 | 7 | 58,8 | 2,5 | 2,9 | 0,4 | | | | | | | | |
| 3 | 57,1 | 2,2 | 3,1 | 0,5 | 8 | 58,9 | 2,7 | 3,5 | 0,4 | | | | | | | | |
| 4 | 56,6 | 2,4 | 3,1 | 0,4 | 9 | 60,3 | 2,8 | 4,0 | 0,4 | | | | | | | | |
| 5 | 56,8 | 2,5 | 2,9 | 0,4 | 10 | 61,3 | 3,0 | 4,4 | 0,4 | | | | | | | | |

На основании результатов расчетов, приведенных в табл. 3 ($V_{mp} = 2059,02$ тыс. м³; $V_q = 109,053$ тыс. м³; $S_{в.н} = 117973$ м²; $S_в = 790399$ м²; $S_к = 90637$ м²; $S_{в.м} = 227212$ м²; $S_{о.м} = 333983$ м², $K_p = 1,1346$) построены графические зависимости основных показателей рекультивационных работ по годам разработки месторождения (рис. 2,3,4).

Таблица 2. Горногеометрический анализ пологого месторождения

| № блока | Ширина блока, м | Длина блока, м | Мощность вскрыши, м | Мощность полезного ископаемого, м | Мощность суглинков в це- лике, м | Мощность чернозема в це- лике, м | Объем вскрыши в блоке, тыс. м ³ | Объем полезного ископае- мого в блоке, тыс. м ³ | Объем суглинков в блоке, тыс. м ³ | Объем чернозема в блоке, тыс. м ³ | Время разработки блока, лет | Начало разработки блока | | Конец разработки блока | |
|--------------|-----------------|----------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|--|--|--|-----------------------------|-------------------------|-------|------------------------|-------|
| | | | | | | | | | | | | год | месяц | год | месяц |
| | Лш | Лд | Н, м | h, м | h _с , м | h _ч , м | Vв | Vпи | Vс | Vч | tб | Тб.н | | Тб.к | |
| 1 | 100 | 1000 | 56,0 | 2,3 | 3,9 | 0,4 | 5600 | 226 | 394 | 39 | 0,5 | 2012 | 1 | 2012 | 6 |
| 2 | 100 | 1200 | 56,4 | 2,0 | 3,2 | 0,4 | 6765 | 244 | 379 | 52 | 0,5 | 2012 | 7 | 2012 | 12 |
| 3 | 100 | 1300 | 57,1 | 2,2 | 3,1 | 0,5 | 7426 | 291 | 400 | 58 | 0,6 | 2013 | 1 | 2013 | 7 |
| 4 | 100 | 1400 | 56,6 | 2,4 | 3,1 | 0,4 | 7927 | 329 | 432 | 56 | 0,7 | 2013 | 8 | 2014 | 3 |
| 5 | 100 | 1400 | 56,8 | 2,5 | 2,9 | 0,4 | 7945 | 353 | 409 | 52 | 0,7 | 2014 | 4 | 2014 | 12 |
| 6 | 100 | 1500 | 58,3 | 2,5 | 3,2 | 0,4 | 8737 | 367 | 478 | 60 | 0,7 | 2015 | 1 | 2015 | 9 |
| 7 | 100 | 1600 | 58,8 | 2,5 | 2,9 | 0,4 | 9400 | 402 | 456 | 70 | 0,8 | 2015 | 10 | 2016 | 7 |
| 8 | 100 | 1500 | 58,9 | 2,7 | 3,5 | 0,4 | 8831 | 407 | 519 | 62 | 0,8 | 2016 | 8 | 2017 | 5 |
| 9 | 100 | 1400 | 60,3 | 2,8 | 4,0 | 0,4 | 8435 | 390 | 558 | 54 | 0,8 | 2017 | 6 | 2018 | 3 |
| 10 | 100 | 1300 | 61,3 | 3,0 | 4,4 | 0,4 | 7962 | 383 | 568 | 57 | 0,8 | 2018 | 4 | 2019 | 1 |
| Итого | 100 | 1360 | 58,0 | 2,5 | 3,4 | 0,4 | 79030 | 3394 | 4595 | 561 | 0,7 | | | | |

Примечание: начало разработки пологого месторождения принято январь 2012г

Приведенные электронные табл. 1,2,3, связанные между собой общим программным обеспечением, позволяют оперативно планировать объемы выемки суглинка и чернозема в динамике разработки пологих месторождений.

Это решает вопросы выбора горного оборудования для рекультивационных работ и планирования технологии горных работ, сводя к минимуму негативное воздействие открытых горных работ на природную среду.

Таблица 3. Результаты расчета количественных показателей рекультивационных работ в динамике разработки месторождения

| Годы разработки, лет | Длина добычного фронта работ, м | Мощность вскрыши, м | Мощность полезного ископаемого, м | Мощность суглинков в целике, м | Мощность чернозема в целике, м | Годовое продвижение фронта горных работ, м/год | Годовые объемы добытых суглинков, тыс м ³ | Годовые объемы уложенных суглинков, тыс м ³ | Годовые объемы добытого чернозема, тыс м ³ | Годовые объемы уложенного чернозема, тыс м ³ | Площадь рекультивируемого внутреннего отвала, м ² | Средняя мощность суглинка на внутреннем отвале, м | Средняя мощность чернозема на внутреннем отвале, м |
|----------------------|---------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|---|---|--|---|--|
| Г | Лдф | Н | h | hc | hч | П | Vс | Vс1 | Vч | Vч1 | Sвн | hc | hч |
| 2012 | 1100 | 56 | 2,2 | 3,6 | 0,4 | 200 | 781 | 0 | 91 | 0 | 0 | 0,0 | 0,00 |
| 2013 | 1342 | 57 | 2,3 | 3,1 | 0,4 | 163 | 672 | 0 | 94 | 0 | 0 | 0,0 | 0,00 |
| 2014 | 1400 | 57 | 2,5 | 3,0 | 0,4 | 138 | 571 | 685 | 73 | 128 | 151342 | 4,5 | 0,84 |
| 2015 | 1525 | 58 | 2,5 | 3,1 | 0,4 | 130 | 615 | 738 | 81 | 131 | 139476 | 5,3 | 0,94 |
| 2016 | 1558 | 59 | 2,6 | 3,1 | 0,4 | 120 | 581 | 697 | 80 | 107 | 113278 | 6,2 | 0,94 |
| 2017 | 1442 | 60 | 2,8 | 3,8 | 0,4 | 120 | 652 | 782 | 69 | 116 | 111995 | 7,0 | 1,04 |
| 2016 | 1325 | 61 | 2,9 | 4,3 | 0,4 | 120 | 680 | 816 | 68 | 115 | 99697 | 8,2 | 1,15 |
| 2018 | 1300 | 61 | 2,9 | 4,4 | 0,4 | 10 | 57 | 68 | 6 | 101 | 91509 | 0,7 | 1,11 |
| 2019 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 83102 | 0,0 | 1,20 |
| Итого ср. зн. | 1394 | 57,78 | 2,46 | 3,26 | 0,4 | 1000 | 4608 | 3787 | 561 | 824 | 790399 | 5,3 | 1,03 |

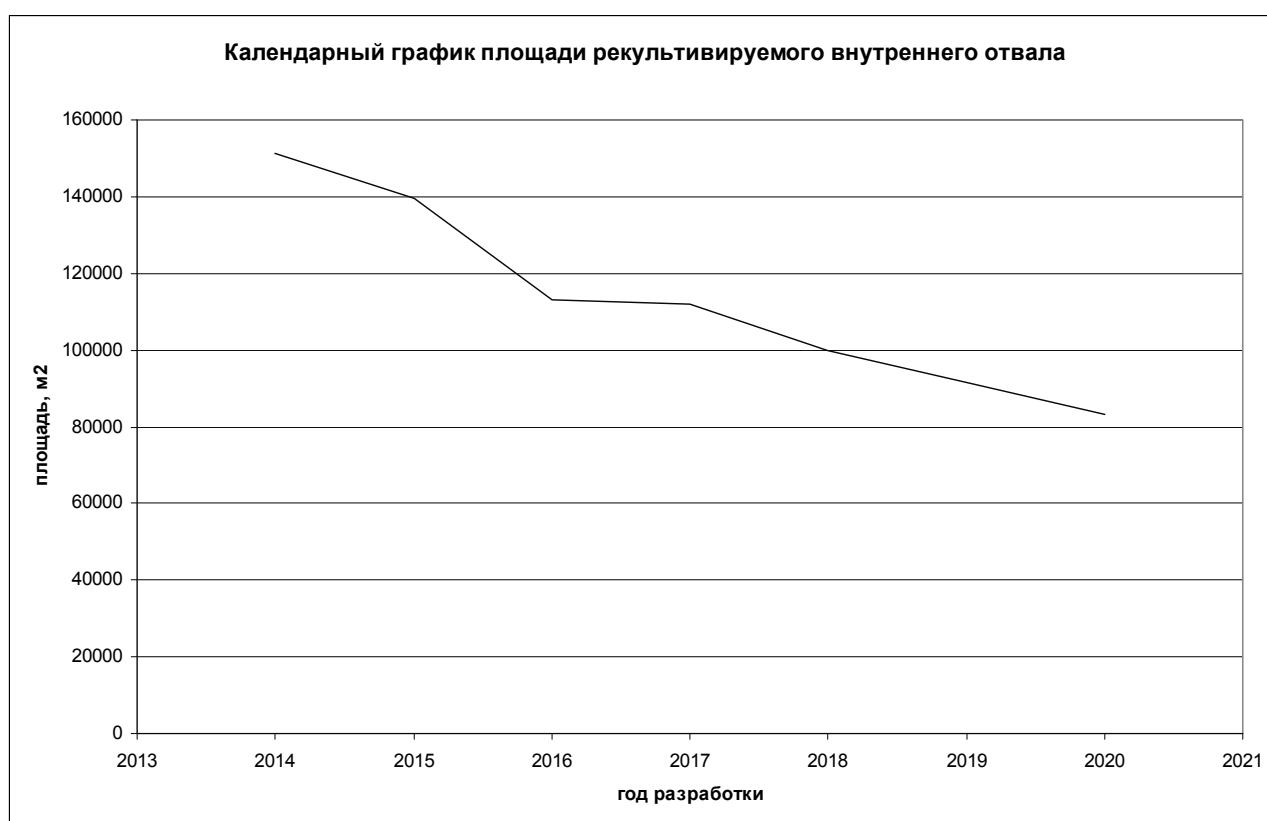


Рис. 2. Площадь рекультивируемого внутреннего отвала по годам разработки месторождения

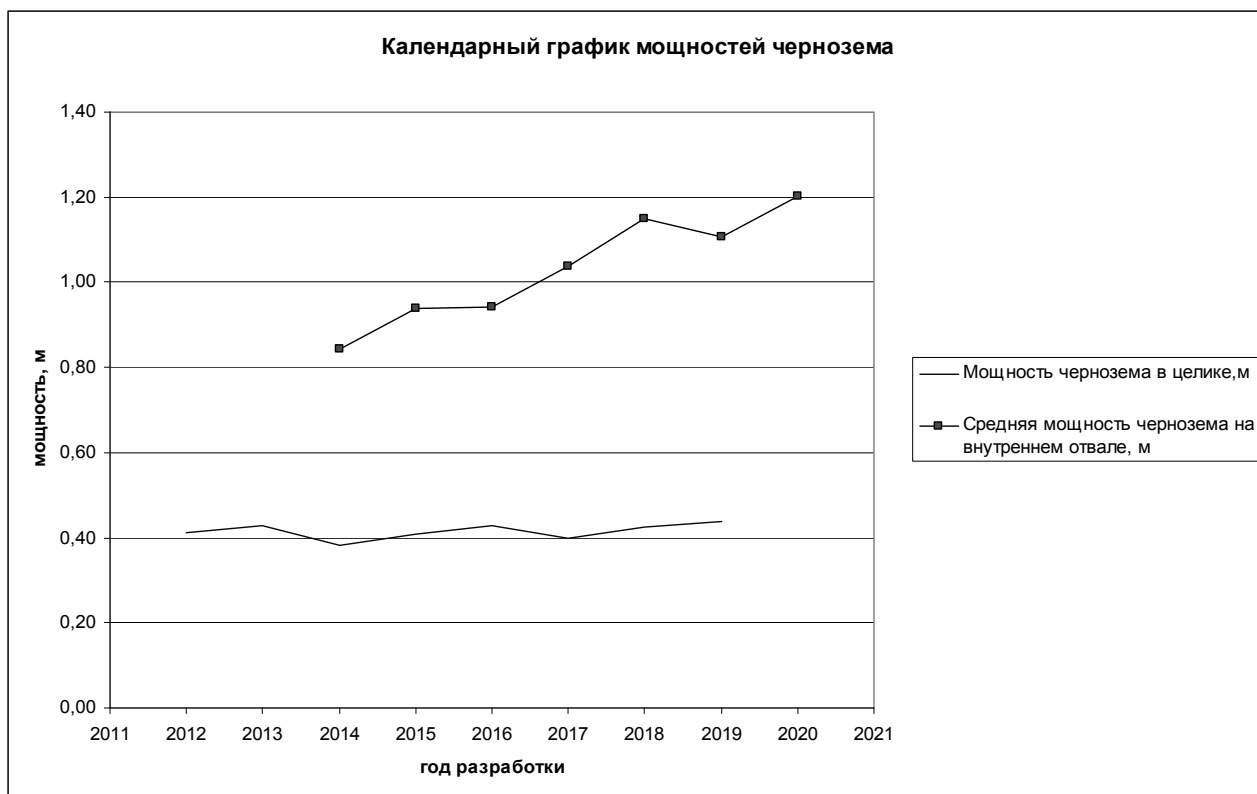


Рис. 3. Мощность чернозема по годам разработки месторождения



Рис. 4. Мощность суглинков по годам разработки месторождения

Список литературы

1. Коваленко В.С., Штейнцайг Р.М., Голик Т.В. Рекультивация нарушенных земель на карьерах: Учеб. Пособие. – М.: Изд-во МГГУ, 2003. Ч.1. – 65с.
2. Мильцер Е.С. Маркшейдерские работы при планировании открытых горных работ. – М.: Изд-во «Недра», 1968г., 144 с.