

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный технический университет

П.Ч. ЧУЛАКОВ,
А. БЕГАЛИНОВ,
Т. КАЛЫБЕКОВ

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ
РЕКУЛЬТИВАЦИИ
НАРУШЕННЫХ
ОТКРЫТЫМИ
ГОРНЫМИ РАБОТАМИ
ЗЕМЕЛЬ**

Часть 1



Алматы
«Гылым»
1994

УДК 332.334.4:622.888.012.3

Чулаков П.Ч., Бегалинов А., Калыбеков Т. Интенсификация рекультивации нарушенных открытыми горными работами земель.
В двух частях . Часть I. - Алматы: Гылым, 1994. - 100 с.

Приведены виды нарушенных земель и их площади по отраслям промышленности. Предложены аналитические методы определения основных параметров различных форм отвалов и их объемов. Освещена технология онятия, хранения и нанесения плодородного слоя почвы на рекультивируемые поверхности. Рассмотрены селективное формирование одно- и многоярусных внешних отвалов, выполняемые откосов и установление их параметров для совмещения вскрышных, отвальных и рекультивационных работ. Даны инженерные решения по использованию отработанных пространств карьеров и малопродуктивных угодий для складирования вскрышных пород. Рассмотрены основы экономической оценки и рационального использования земель на открытых разработках, включающие интенсивность рекультивационных работ, планирование объемов работ и затрат при восстановлении нарушенных земель.

Предназначена для работников производства, научно-исследовательских и проектных организаций горнодобывающих отраслей промышленности, а также студентов вузов.

Библиогр. 46 назв. Ил. 93. Табл. 22.

Ответственный редактор
доктор технических наук
В.И. Горкунов

ISBN 5-628-01668-3
ISBN 5-628-01669-1 (ч. I)



Чулаков П.Ч.,
Бегалинов А.,
Калыбеков Т.,
1994

Посвящается
светлой памяти
члена-корреспондента
НАН Республики Казахстан
ЧУЛАКОВА
Пантерея Чулаковича

ПРЕДИСЛОВИЕ

Прогресс науки и техники в условиях ускоренного социально-экономического развития ведет к коренным преобразованиям производственных сил общества, росту городов, промышленных предприятий, территориально-производственных комплексов. Вместе с тем, интенсивное развитие индустрии, возрастание потребления минеральных, энергетических, водных, земельных и других природных ресурсов без взаимосвязи технологических процессов с большим количеством отходов резко ухудшают экологические условия обитания человека.

Еще в конце прошлого века, разрабатывая теоретические основы рационального природопользования, К.Маркс и Ф.Энгельс отмечали, что особенно большой урон наносит природе неконтролируемое, стихийное развитие крупной промышленности и несогласованность действий природопользователей /19/.

Высокие темпы роста промышленного производства, масштабы и интенсивность хозяйственного освоения природных ресурсов, сопровождающиеся усилением антропогенного воздействия на среду обитания, вызывают необходимость комплексного эколого-экономического подхода к деятельности отраслей промышленности.

В настоящее время негативное воздействие техногенеза на окружающую среду возросло до такой степени, что учет экологических последствий научно-технического прогресса при определении эффективности природопользования является столь же важным, как и оценка экономических результатов.

В данный период большая часть полезных ископаемых добывается наиболее экономичным и высокопроизводительным открытым спо-

сособ, удельный вес которого в общем объеме добычи превышает 75%. По данным академика В.В.Ржевского, каждые 12-15 лет объем добычи полезных ископаемых удваивается. Развитие открытого способа разработки связано с увеличением земельного отвода, на площади которого располагаются горные выработки, отвалы пустых пород, хвосто- и шламохранилища, транспортные коммуникации и другие промышленные сооружения. По данным бывшего Министерства сельского хозяйства СССР, открытыми разработками, включая торфяные, нарушено более 2 млн га земель. В настоящее время на душу населения приходится 0,92 га пашни, в будущем же этот показатель уменьшится до 0,77-0,79 га /23/.

Помимо длительного отчуждения земельных площадей, которые обычно во многих регионах являются ценными в сельскохозяйственном отношении или высокопродуктивными в лесонасаждении, происходят порча земель, нарушение гидрогеологического режима местности, загрязнение воздушного бассейна пылью и газами, отравление флоры и фауны токсичными веществами, ухудшение санитарно-гигиенических условий в районах, прилегающих к горным предприятиям. Все это требует своевременного восстановления нарушенных земель.

Рекультивация земель предусматривает восстановление нарушенных территорий для использования в сельском, лесном хозяйствах, под строительство, создания зон отдыха. Причем их восстановление осуществляется в несколько этапов. Основным из них является горнотехническая рекультивация, предусматривающая формирование нарушенных поверхностей, создание необходимого почвенного слоя. Следующим этапом является биологическая рекультивация, включающая систему мер по восстановлению почвы.

Несмотря на значительную работу по восстановлению нарушенных площадей, темпы рекультивации на открытых разработках все еще низки. Для обеспечения интенсификации рекультивации нарушенных земель в данной книге наряду с отечественным и зарубежным опытом обобщены результаты исследований, выполненных сотрудниками Казахского национального технического университета.

В написании книги принимали участие канд. техн. наук В.А.Бермухамбетов, Е.С.Зулкарнаев, С.Н.Назаров, М.Н.Сандыбеков и М.А.Телибеков.

1. СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ СТРАНЫ И ПАРАМЕТРЫ НАРУШАЕМЫХ ПЛОЩАДЕЙ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1.1. Состояние земельных ресурсов страны и виды нарушенных земель

Как известно, черноземы, а также темно-каштановые, каштановые и серые лесные почвы образуют основной земледельческий массив. Большое сельскохозяйственное значение имеют дерново-подзолистые почвы. Однако в сельскохозяйственном производстве не используются тундровые, глеево-подзолистые и мерзлотно-таежные почвы, занимающие около 340 млн га. Свыше 270 млн га светло-каштановых, бурых полупустынных, серо-бурых, сероземных, серо-коричневых почв находятся в районах полупустынь и пустынь, где земледелие без орошения неэффективно. Болотные и заболоченные почвы, требующие предварительного осушения, занимают свыше 160 млн га, а пески, песчаные и каменистые почвы, непригодные для земледелия без проведения мелиоративных работ, - более 150 млн га /4/.

Ресурсы земель, пригодных для земледелия, составляют в бывшем СССР около 0,36 млрд. га, в Северной Америке - около 0,46 и Южной - около 0,68 млрд. га, а доли обрабатываемой земли в общем ресурсе пригодных площадей для земледелия - соответственно 0,64; 0,51 и 0,11 /30/.

Эти данные свидетельствуют, что пригодная для земледелия площадь в бывшем СССР относительно велика, но доля ее в общей площади страны значительно ниже, чем во многих странах, а доля обрабатываемой земли по сравнению с другими регионами гораздо выше. В бывшем СССР на сельскохозяйственные угодья используется на 1 ноября 1970 г. 606,8 млн га земли. Общая территория страны с учетом площадей Азовского и Белого морей составляет 2240,2 млн га, а без учета - 2227,5 млн га.

По данным академика Н.В. Мельникова за 1963-1971 гг. для

строительства городов, промышленных предприятий, гидроузлов, транспортных магистралей и т.д. было изъято около 12 млн га земель, из них почти 5 млн га сельскохозяйственные земли, включая около 1 млн га пашни.

Значительные земельные площади занимает добыча твердого минерального сырья. По приближенным данным общая площадь земель, нарушенных при добыче твердого минерального сырья, составляет более 2 млн га. Примерно половина этой площади приходится на земли, нарушенные при торфяных разработках. При добыче угля и сланцев нарушено около 170 тыс.га, руд черных и цветных металлов - 320 тыс.га, строительных горных пород и горно-химического сырья - более 260 тыс.га /36/. Данные, характеризующие нарушения земель при добыче полезных ископаемых по материалам инвентаризации земель 1977-1978 гг., приведены в табл. I.I.

Т а б л и ц а I.I. Данные инвентаризации нарушенных земель

Министерство	Общая площадь нарушенных земель, га	Площадь, занимаемая горными выработками, га	Площадь, занимаемая отвалами, га
Угольной пром-сти	157130	36600	56700
Черной металлургии	91800	24700	43900
Цветной "	217680	86800	100600
Стройматериалов	71954	56400	10800
Всего	538564	204500	212000

Из таблицы видно, что до 90% нарушенных земель при открытой добыче полезных ископаемых приходится на горные выработки, внешние породные отвалы, хвосто- и шламохранилища. Около 38 и 40% нарушенных земель занимают соответственно карьеры и отвалы. Нарушенные земли, занятые промплощадкой, транспортными и энергетическими коммуникациями, базисным складом ВВ и другими объектами, обычно не превышают 10-15% общей площади нарушаемых земель. В настоящее время при добыче 1 млн т угля нарушается площадь от 3 до 43 га, железной руды - от 14 до 600, марганцевой - от 76 до 600, известняка - от 60 до 120 и фосфоритов - от 22 до 77 га.

По данным А.С. Астахова и М.Тота, эксплуатация месторождений полезных ископаемых вызывает значительные нарушения земель в виде изменений ландшафта и деформации земной поверхности. Причем в среднем добыча 1 млн т твердого топлива сопровождается нарушением 7 га земельной площади.

Нарушение земель в результате добычи полезных ископаемых влечет за собой изменения гидрологического режима на территории, достигающей 9-кратной площади.

Высокие темпы роста добычи полезных ископаемых особенно открытым способом оказывают все большее влияние на природную среду, в результате чего нарушаются значительные площади земель.

Вопросам классификации территорий, нарушенных горными работами, уделяется достаточно внимания исследователями разных стран.

В Англии S. H. Beaver /45/ разработал классификацию нарушенных земель с делением их на две группы: с насыпным грунтом – промышленные отходы, отвалы подземных выработок – терриконы и территории, поврежденные в результате выемки грунта – карьеры и отвалы, образовавшиеся при открытом способе добычи полезных ископаемых, а также провалы от влияния подземных горных выработок. Карьеры, в свою очередь, в зависимости от способа разработки и горно-геологических условий подразделяются на четыре категории. Нарушенные территории классифицируются также по пригодности к использованию и степени трудности освоения.

Большой интерес к классификации нарушенных территорий уделяли польские исследователи. Согласно работе /46/, нарушенные территории группируются по их однородности с точки зрения возможности биологического освоения. Прежде всего нарушенные земли подразделяются на карьерные выемки и отвалы. Карьерные выемки делятся главным образом по происхождению: песчаные, глинистые, угольные, железорудные, шахтные, провалы, заброшенные шахты.

В работе /18/ карьерные выемки классифицированы на мелкие карьеры с маломощной вскрышей и пластами полезного ископаемого, глубокие с маломощными пластами ископаемого с мощной вскрышей и обводненные.

Наиболее подробно с учетом целого комплекса признаков классификации нарушенных земель при открытой разработке по техно-

генному рельефу отражены в ГОСТах /IО, II/, согласно которым карьерные выемки подразделяются в зависимости от формы рельефа нарушенных земель, глубины выемок и от техногенных факторов, обуславливающих формирование рельефа (табл. I.2).

Т а б л и ц а I.2. Виды нарушенных земель

Характеристика нарушенных земель по форме рельефа	Техногенные факторы, обуславливающие формирование рельефа	Морфометрическая характеристика рельефа	
		Глубина или высота карьера, м	Крутизна склонов, град.
1	2	3	4
Котловинно-грядовые	Разработка торфяных залежей гидроспособом	5-10	Свыше 30
Траншейно-грядовые	То же, машиноформовочным способом	I-5	Свыше 45
Выравненные	То же, фрезерным способом	I-5	-
Террасированные:			
а) очень глубокие	Разработка залежей полезных ископаемых глубинного типа, наклонного от 8 до 30° падения с перевозкой вскрыши во внешние отвалы	Свыше 100	Свыше 45
б) глубокие		30-100	Свыше 45
в) средне-глубокие	Разработка в 2-3 уступа площадных залежей горизонтального и пологого падения до 8-10° средней мощности до 30 м. Вскрыша отсутствует или весьма малой мощности	I5-30	Свыше 45
Котловинно-образные:			
а) средне-глубокие	Разработка одним уступом площадных залежей горизонтального и пологого падения средней мощности до 30 м. Вскрыша отсутствует или весьма малой мощности	I5-30	Свыше 45
б) неглубокие	Разработка залежей одним уступом площадных залежей горизонтального и пологого падения малой мощности		

1	2	3	4
	5-10 м. Вскрыша отсутствует или весьма малой мощности	5-15	Свыше 30
Западинообразные:			
а) крупно- контурные	Разработка площадных залежей горизонтального и пологого падения и весьма малой мощности до 5 м. Вскрыша отсутствует	1,5-5,0	Свыше 30
б) мелко- контурные	То же	Определяется	Свыше 30
Глубинные на- горно-терра- сированные	Разработка залежей полезного ископаемого высотно-глубинного типа наклонного или крутого падения, любой мощности с перевозкой вскрыши во внешние отвалы	Нагорная часть свыше 15, глубинная более 15	Свыше 45
Нагорно-тер- расированные	То же, высотного типа в несколько уступов	До 10	Свыше 45

Из таблицы видно, что глубина и высота карьеров варьируют в значительных пределах, а крутизна откосов бортов составляет более 30-45°.

I.2. Установление параметров нарушаемых площадей при круглой форме отвала

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых в среднем около 40% нарушенных площадей занимают отвалы. В связи с этим на стадии проектирования и эксплуатации карьеров необходимо установить размеры этих нарушений в зависимости от объемов складироваемых вскрышных пород и высоты отвала. При открытом способе добычи минерального сырья нарушенные площади преимущественно имеют круглую, квадратную или прямоугольную формы. В целях эффективного использования рекультивируемых площадей в народном хозяйстве и придания откосам устойчивого положения углы естественного откоса отвалов должны быть террасированы или выположены до рекомендуемых значений /23, 41/. Выпощивание откосов отвалов приводит к увеличению отторгаемых земель под отвалы. В этих условиях использование существующих формул /29, 37/ для определения размеров нарушенных

земель дает приближенные данные, так как принимаемые в них коэффициенты заполнения отвальной площади варьируют в широких пределах. Следовательно, установление параметров нарушаемых площадей при выполняживании и террасировании откосов отвалов с использованием предлагаемых коэффициентов приводит к определенным неточностям, что снижает эффективность выполняемых работ. Размеры нарушаемых земель, отчуждаемых под отвалы, в основном зависят от его высоты, угла откоса, объема складироваемых вскрышных пород и формы отвала. Поэтому размеры отводимой под отвалы площади должны определяться с учетом указанных параметров на стадии проектирования в зависимости от физико-механических свойств пород и масштабов горных работ в карьере.

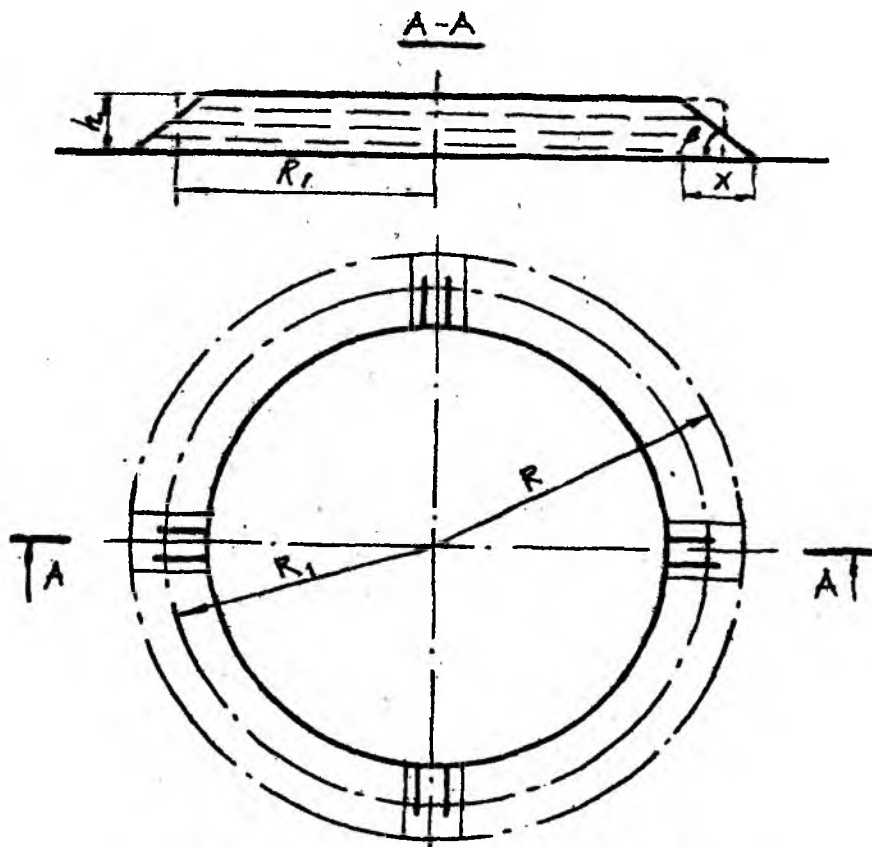


Рис. I.I. Схема отвала круглой формы

Рассмотрим отвал вскрышных пород (рис. I.I), имеющий круглую форму и расположенный на горизонтальной поверхности. Общая площадь, отводимая под отвалы, включает площади под его отко-

сами и горизонтальной поверхности отвала. Для установления параметров нарушаемых площадей примем, что вскрышные породы в отвале размещаются в эквивалентном объеме цилиндра, равного объему отвала круглой формы. При этих условиях можно записать, что радиус отвальной площади

$$R = R_1 + 0,5x. \quad (I.1)$$

Здесь R_1 - радиус условно принятого цилиндра, где размещается объем складированных вскрышных пород в соответствии с проектными параметрами отвала, м; x - основание откоса отвала в плане, м.

В соответствии с принятыми условиями задачи в объеме цилиндра должен быть размещен весь объем отвала вскрышных пород

$$VK_p = \pi R_1^2 H, \quad (I.2)$$

где V - объем складированных вскрышных пород в отвал, m^3 ; K_p - коэффициент разрыхления вскрышных пород; H - проектная высота отвала, м.

Тогда радиус цилиндра в зависимости от высоты отвала и объема складированной вскрыши определяется по формуле

$$R_1 = (VK_p / \pi H)^{1/2}. \quad (I.3)$$

Основание откоса отвала определяется как

$$x = H \operatorname{ctg} \beta, \quad (I.4)$$

где β - угол откоса отвала после выполаживания, град.

Принимая во внимание (I.3) и (I.4), величину радиуса отвальной площади при круглой форме с учетом объема складированных в отвале вскрышных пород, его высоты и угла откоса можно представить

$$R = (VK_p / \pi H)^{1/2} + H \operatorname{ctg} \beta / 2. \quad (I.5)$$

Необходимую под отвал площадь в зависимости от объема складированных вскрышных пород, его высоты и угла откоса после выполаживания можно установить по формуле

$$S_{kp} = \pi [(VK_p / \pi H)^{1/2} + H \operatorname{ctg} \beta / 2]^2. \quad (I.6)$$

Значительную часть земельных отводов, занятых отвалами, при малых значениях результирующего угла составляют площади

под откосами отвала. При известных параметрах отвала под его откосы отторгаются земельные площади в размере

$$S_{o.кр} = 2 \operatorname{ctg} \beta \left(\sqrt{V \cdot K_p \pi H} \right)^2 \quad (1.7)$$

Размер горизонтальной площади отвала при его круглой форме определяется из выражения

$$S_{г.кр} = \pi \left(\sqrt{\frac{V \cdot K_p}{\pi H}} - \frac{H \operatorname{ctg} \beta}{2} \right)^2 \quad (1.8)$$

Периметр отвала в основании при его круглой форме в зависимости от объема складированных вскрышных пород в отвал, его высоты и угла откоса равен

$$P_{o.кр} = 2 \pi \left(\sqrt{\frac{V \cdot K_p}{\pi H}} + \frac{H \operatorname{ctg} \beta}{2} \right). \quad (1.9)$$

Периметр отвала на уровне горизонтальной поверхности находится из выражения

$$P_{г.кр} = 2 \pi \left(\sqrt{\frac{V \cdot K_p}{\pi H}} - \frac{H \operatorname{ctg} \beta}{2} \right). \quad (1.10)$$

При известных линейных параметрах круглого отвала его объем равен

$$V_{кр} = \frac{\pi H (2R - H \operatorname{ctg} \beta)^2}{4 K_p} \quad (1.11)$$

Рассмотрим параметры внешних отвалов при складировании 50, 100, 150, 200, 250 и 300 млн м³ вскрышных пород, высоте отвала $H = 40$ м и угле его откоса после выколаживания $\beta = 21^\circ$. Коэффициент разрыхления вскрышных пород принят $K_p = 1,2$. Результаты расчета приведены в табл. I.3.

Анализ полученных результатов показывает, что при складировании вскрышных пород объемом 50–300 млн м³, высоте отвала 40 м площадь, занимаемая отвалом, увеличивается в 5,5 раза, на уровне поверхности – в 6,6 и откосами – в 2,4 раза (рис. I.2). Из расчета следует, что необходимым условием рационального землепользования является установление оптимальной высоты отвала при размещении определенного объема вскрышных пород.

Т а б л и ц а I.3. Параметры отвала при его круглой форме

Объем склади- руемых пород, млн м ³	Площадь основа- ния, га	Горизон- тальная площадь, га	Площадь под от- косами, га	Периметр основа- ния, м	Периметр на уров- не по- верхности, м	Радиус, м
50	173,4	128,2	45,2	4668	4013	743
100	332,8	268,9	63,9	6465	5811	1029
150	490,0	411,7	78,3	7845	7191	1249
200	645,9	555,5	90,4	9008	8353	1434
250	801,4	700,3	101,1	10032	9379	1598
300	956,2	845,4	110,8	10959	10305	1745

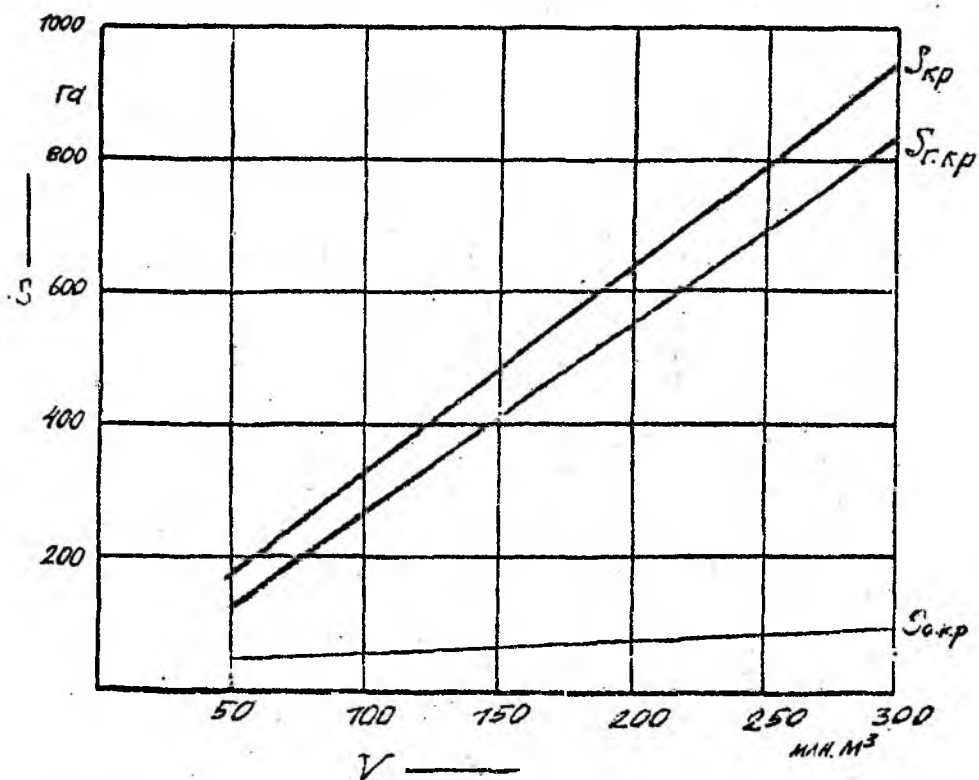


Рис. I.2. График зависимости нарушаемых площадей от объема складированных пород при $H=40$ м

При увеличении объема складированных в отвал вскрышных пород от 50 до 300 млн м³ отношение периметра его основания отвала к периметру на уровне горизонтальной поверхности уменьшается от 1,16 до 1,06. Это объясняется некоторым увеличением гори-

горизонтальной поверхности отвала по сравнению с площадью, занимаемой откосами, при возрастании объема складированных вскрышных пород.

Таким образом, предлагаемые аналитические зависимости для определения параметров нарушаемых земель при круглой форме отвалов позволяют установить с достаточной точностью размеры отторгаемых площадей на стадии проектирования и эксплуатации карьеров. Использование полученных зависимостей особенно эффективно для определения рациональных параметров отвалов при малых значениях результирующего угла откоса отвала.

1.3. Определение параметров нарушаемых площадей при квадратной форме отвала

На открытых разработках основание площадей отвалов имеет чаще всего квадратную форму.

Параметры нарушаемых площадей при квадратной форме отвалов в основном определяются графоаналитическим способом [29] и эмпирическими формулами [3]. При первом способе должны быть известны все линейные размеры отсыпанного отвала, что затрудняет определение необходимых параметров на стадии проектирования горных работ, а при втором установление площадей отвалов возможно в случае определения функциональной зависимости результирующего угла откоса отвала от его высоты.

При предлагаемом аналитическом способе установления параметров отвала его форма рассматривается как правильно усеченная пирамида (рис. 1.3).

Тогда площадь отвала

$$S_{\kappa\phi} = L^2, \quad (1.12)$$

где L — сторона отвала в основании, м.

Для получения формул, удобных при инженерных расчетах параметров нарушаемых площадей, когда основание отвала имеет квадратную форму, его сторону выразим

$$L = 2z, \quad (1.13)$$

где z — половина стороны отвала, м.

Допуская, что при квадратной форме отвала объем размещаемых вскрышных пород в нем равен объему параллелепипеда, имеем

Б-Б

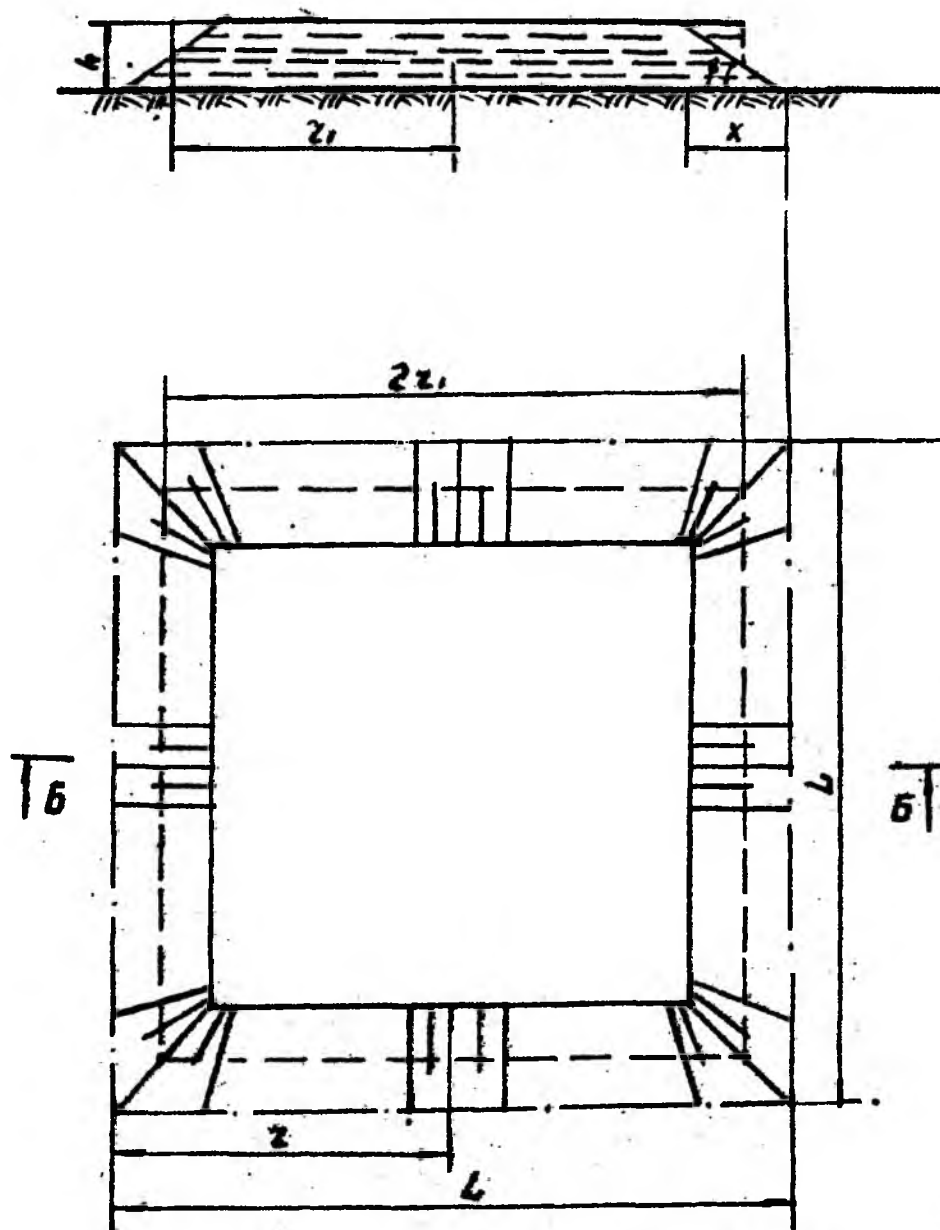


Рис. 1.3. Схема отвала квадратной формы

$$VK_p = 4z_1^2 H, \quad (I.14)$$

где z_1 - половина стороны параллелепипеда, м.

Значение половины стороны предполагаемого параллелепипеда определим

$$z_1 = \sqrt{\frac{V \cdot K_p}{4H}}. \quad (I.15)$$

Учитывая выражения (I.4) и (I.5), при квадратной форме отвала половина стороны отвальной площади будет равна

$$z = \sqrt{\frac{V \cdot K_p}{4H}} + \frac{H \operatorname{ctg} \beta}{2}. \quad (I.16)$$

Тогда сторона отвальной площади в основании правильной усеченной пирамиды определяется как

$$L = \sqrt{\frac{V K_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \beta. \quad (I.17)$$

Отводимая под отвалы площадь при ее квадратной форме с учетом объема отсыпаемых в отвал вскрышных пород, его высоты и угла выполаживания откоса устанавливается по формуле

$$S_{\kappa\beta} = \left(\sqrt{\frac{V K_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \beta \right)^2. \quad (I.18)$$

Размер горизонтальной поверхности отвала, имеющего в основании форму квадрата, находится из выражения

$$S_{г.\kappa\beta} = \left(\sqrt{\frac{V K_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \beta \right)^2. \quad (I.19)$$

При квадратной форме отвала площадь, занимаемая под его откосами, определяется по формуле

$$S_{o.\kappa\beta} = 4 \operatorname{ctg} \beta \sqrt{V K_p H}. \quad (I.20)$$

Периметр основания отвала при его квадратной форме с учетом объема, высоты и угла откоса устанавливается по формуле

$$P_{o.\kappa\beta} = 4 \left(\sqrt{\frac{V K_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \beta \right). \quad (I.21)$$

Периметр по верхней бровке откоса, т.е. на уровне горизонтальной поверхности отвала определяется как

$$P_{г.\kappa\beta} = 4 \left(\sqrt{\frac{V K_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \beta \right). \quad (I.22)$$

Если известны высота отвала, его стороны и угол откоса, объем квадратного отвала находится из выражения

$$V_{\text{ке}} = \frac{H(L - H \operatorname{ctg} \beta)^2}{K_p} \quad (1.23)$$

Результаты расчета параметров отвала квадратной формы для условий, принятых в разделе I.1, приведены в табл. I.4.

Т а б л и ц а I.4. Параметры отвала при его квадратной форме

Объем складиру- емых пород, млн м ³	Площадь основа- ния, га	Горизон- тальная площадь, га	Площадь под от- косами, га	Периметр основа- ния, м	Периметр на уров- не по- верхно- сти, м	Сторо- на, м
50	176,6	125,5	51,0	5316	4482	1329
100	337,1	265,0	72,1	7344	6511	1836
150	495,3	406,9	88,4	8900	8068	2225
200	652,1	550,0	102,1	10216	9381	2554
250	808,1	694,0	114,1	11372	10538	2843
300	963,6	838,6	125,0	12416	11583	3104

При складировании 50-300 млн м³ вскрышных пород, высоте отвала 40 м периметр его основания увеличивается в 2,3 раза, на уровне горизонтальной поверхности - в 2,6, а сторона отвала - в 2,3 раза.

Периметр основания отвала квадратной формы по сравнению с круглой больше в 1,13 раза. Увеличение периметра отвала вызывает возрастание объемов горно-планировочных работ по выполнению откосов, что приводит к удорожанию рекультивационных работ. При складировании различного объема вскрышных пород с постоянной высотой отвала увеличиваются периметр и стороны отвала (рис. I.4). При размещении 300 млн м³ вскрышных пород высотой 40 м в отвале круглой формы требуется на 7,4 га земель меньше, чем в отвале квадратной формы. При этом горизонтальная площадь круглого отвала больше квадратного на 6,8 га. Увеличение размеров горизонтальной поверхности отвала благоприятно сказывается на их использовании для нужд сельского хозяйства. В этих же условиях площадь под откосами квадратного отвала

больше круглого на 14,2 га. Рост площади под откосами отвала также приводит к увеличению объема рекультивационных работ при восстановлении нарушенных земель.

Таким образом, использование предлагаемых аналитических формул позволяет установить параметры отвала при квадратной и круглой формах на стадии проектирования горных работ и произвести целенаправленный анализ по рациональному землепользованию при разработке месторождений полезных ископаемых.

1.4. Установление параметров нарушаемых площадей при прямоугольной форме отвала

Рекультивация нарушенных земель при ведении открытых горных работ требует установления обоснованных параметров на стадии проектирования, в процессе производства и организации отвалообразования. При внешнем отвалообразовании прямоугольная форма отвалов наиболее распространена. Поэтому правильное установление занимаемой при этом площади под складирование вскрышных пород способствует составлению проектов открытой разработки с учетом совмещения отвальных и рекультивационных работ для своевременной рекультивации нарушенных земель. Задача должна быть рассмотрена и решена в зависимости от объема складировемых вскрышных пород в отвал, угла его откоса и высоты. Решение ее приобретает свою актуальность в связи с выполаживанием откосов отвалов до угла, меньшего его естественного значения, обеспечивающего устойчивость отвала на длительное время при использовании их для нужд народного хозяйства.

Площадь двухъярусного отвала, необходимая для размещения вскрыши, при расположении его на равнине определяется по формуле [29, 37]

$$S_0 = \frac{V \cdot K_p}{h_1 \zeta_1 + h_2 \zeta_2}, \quad (1.24)$$

где, h_1, h_2 - соответственно высота первого и второго ярусов отвала, м; ζ_1, ζ_2 - коэффициент, учитывающий заполнение площади основания отвала соответственно первого и второго ярусов ($\zeta_1 = 0,8-0,9$; $\zeta_2 = 0,4-0,8$).

При использовании формулы (1.24) проектанту приходится принимать ориентировочное значение эмпирического коэффициента,

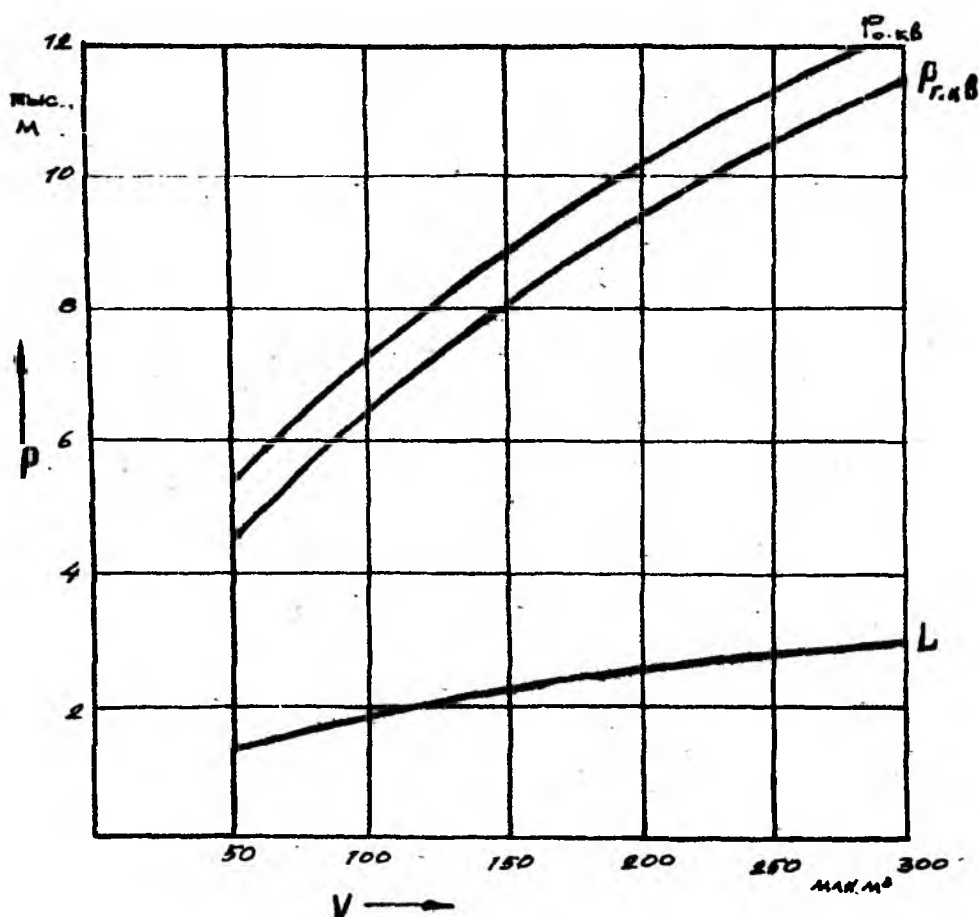


Рис. I.4. График зависимости периметра и стороны отвала квадратной формы от объема складироваемых пород при $H=40$ м

зависящего от высоты отвала и свойств слагающих отвал пород, поскольку последние определяют угол откоса и ширину бермы безопасности между ярусами. Поэтому применение этой формулы дает лишь приближенные данные, что не отвечает требованиям рационального землепользования.

Для установления параметров отвала прямоугольной формы задаемся величинами: a – ширина отвала в основании, м; l – его длина в основании, м; $n = l/a$ – отношение длины отвала к его ширине; тогда длину отвала можно представить как $l = na$ (рис. I.5).

Принимаем, что объем размещаемых вскрышных пород в отвале эквивалентен объему прямоугольного параллелепипеда (заштрихованная часть):

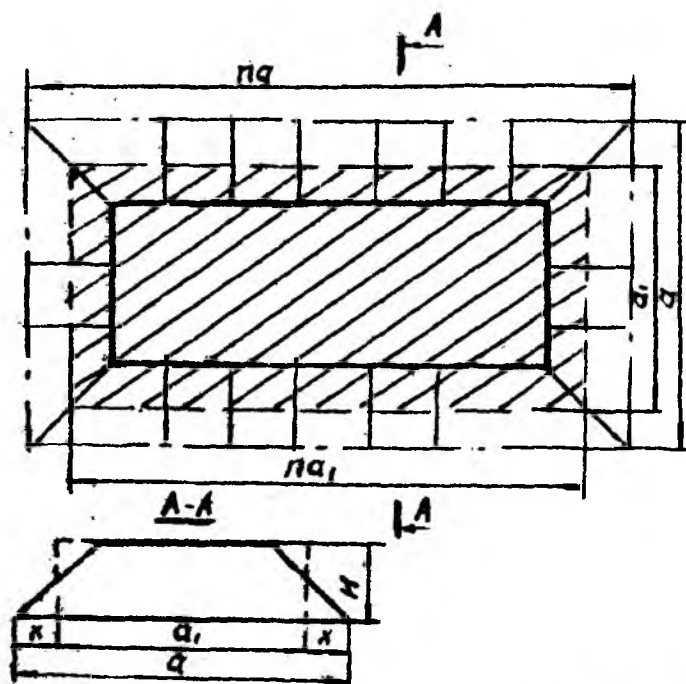


Рис. 1.5. Схема отвала прямоугольной формы

$$VK_p = n H \alpha_1^2, \quad (1.25)$$

где α_1 — ширина прямоугольного параллелепипеда, м.

Тогда ширина прямоугольного параллелепипеда определяется как

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{VK_p}{nH}}. \quad (1.26)$$

Из схемы видно, что ширина отвала равна

$$\alpha = \alpha_1 + 2x, \quad (1.27)$$

где x — половина заложения откоса отвала, м.

$$x = H \operatorname{ctg} \beta / 2. \quad (1.28)$$

С учетом (1.26) и (1.28) при прямоугольной форме отвала его ширина находится из выражения

$$\alpha = \sqrt{\frac{VK_p}{nH}} + H \operatorname{ctg} \beta. \quad (1.29)$$

Площадь отвала прямоугольной формы в основании, отводимая под складирование вскрышных пород, в зависимости от их объе-

ма, высоты отвала и угла его откоса устанавливается по формуле

$$S_n = n \left(\sqrt{\frac{V \cdot K_p}{nH}} + H \operatorname{ctg} \beta \right)^2 \quad (I.30)$$

Размер горизонтальной поверхности отвала при его прямоугольной форме находится из выражения

$$S_{r,n} = n \left(\sqrt{\frac{V \cdot K_p}{nH}} - H \operatorname{ctg} \beta \right)^2 \quad (I.31)$$

При прямоугольной форме отвала площадь, занимаемая его откосами, определяется как

$$S_{o,n} = 4nH \operatorname{ctg} \beta \sqrt{\frac{V \cdot K_p}{nH}} \quad (I.32)$$

Периметр основания прямоугольного отвала находится по формуле

$$P_{o,n} = 2 \left(\sqrt{\frac{V \cdot K_p}{nH}} + H \operatorname{ctg} \beta \right) (n+1) \quad (I.33)$$

На уровне горизонтальной поверхности отвала его периметр составит

$$P_{r,n} = 2 \left(\sqrt{\frac{V \cdot K_p}{nH}} - H \operatorname{ctg} \beta \right) (n+1) \quad (I.34)$$

В зависимости от вышеуказанных параметров устанавливается объем прямоугольной формы отвала из выражения

$$V_n = \frac{P_n H (\alpha - H \operatorname{ctg} \beta)^2}{\alpha \cdot K_p} \quad (I.35)$$

Рассмотрим установление параметров отвала прямоугольной формы и его влияние на размеры отчуждаемых земель для следующих условий: объем складированных вскрышных пород в отвал равен 200 млн м^3 ; высота отвала - 40 м; угол откоса отвала - 21° ; коэффициент разрыхления вскрышных пород 1,2; отношение длины отвала к его ширине изменяется от 1 до 4 (табл. I.5).

При возрастании отношения длины отвала к его ширине от 1,5 до 4,0 площадь основания отвала прямоугольной формы увеличивается на 1,8-8,3% по сравнению с отвалом, имеющим в основании форму квадрата при складировании одинакового объема вскрышных пород (рис. I.6). В этих же условиях размер горизонтальной поверхности отвала уменьшается на 2,0-8,7%, что нежелательно при использовании рекультивируемых площадей для нужд

Т а б л и ц а I.5. Параметры отвала при его прямоугольной форме

Характеристика отвала					
Отношение длины к его ширине	Площадь в основании, га	Площадь поверхности, га	Площадь занимаемая откосами, га	Периметр в основании, м	Периметр поверхности, м
I	652,1	550,0	102,1	10216	9381
1,5	664,1	539,1	125,0	10521	9479
2,0	674,3	529,9	144,4	11017	9767
2,5	683,4	522,0	161,4	11574	10115
3,0	691,7	514,9	176,8	12147	10480
3,5	699,3	508,3	191,0	12721	10846
4,0	706,4	502,2	204,2	13289	11205

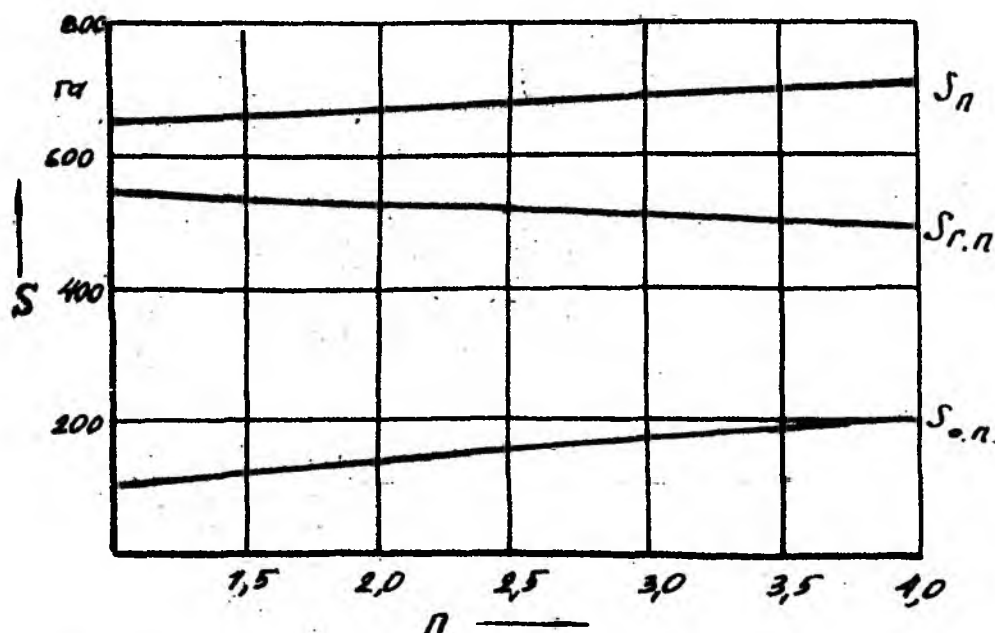


Рис. I.6. График зависимости площади отвала прямоугольной формы от отношения длины к его ширине

сельского хозяйства. Площади, занимаемые откосами прямоугольного отвала, увеличиваются на 22,4–200,0%, что усложняет выполнение рекультивационных работ. При возрастании отношения длины отвала к его ширине от 1,5 до 4,0 происходит увеличение пери-

метра основания отвала на 3,0–30,1%, что обуславливает рост затрат на рекультивацию откосов отвала из-за увеличения объемов горно-планировочных работ по выполаживанию откосов.

Для сравнения рассмотрим определение параметров отвала для условий, приведенных в разделе I.1, по формуле (I.24). Результаты расчета приведены в табл. I.6.

Т а б л и ц а I.6. Значения площадей отвала при различных объемах вскрышных пород

Объем складировуемых пород, млн м ³	Площадь отвала, га		
	при $\zeta_1 = 0,8$, $\zeta_2 = 0,4$	при $\zeta_1 = 0,9$, $\zeta_2 = 0,4$	при $\zeta_1 = 0,9$, $\zeta_2 = 0,8$
50	250,0	230,8	176,5
100	500,0	461,5	352,9
150	750,0	692,3	529,4
200	1000,0	923,1	705,9
250	1250,0	1153,8	882,3
300	1500,0	1384,6	1058,8

Анализ таблиц I.1–I.4 показывает, что при складировании 50–300 млн м³ вскрышных пород, значения эмпирических коэффициентов $\zeta_1 = 0,8$ и $\zeta_2 = 0,4$ разница между рассчитанными значениями площадей отвалов составляет от 44,1 до 56,9%; при $\zeta_1 = 0,9$ и $\zeta_2 = 0,4$ – от 33,1 до 44,8; при $\zeta_1 = 0,9$ и $\zeta_2 = 0,8$ – от 1,8 до 10,7%.

Установление площади нарушаемых земель под размещение вскрышных пород по формуле (I.24) должно производиться для ориентировочных расчетов.

Таким образом, предлагаемые формулы для расчета параметров отвала прямоугольной формы могут быть использованы при обосновании необходимых размеров на стадии проектирования и выполнения рекультивационных работ на открытых разработках. Установление параметров отвала прямоугольной формы должно осуществляться с учетом отношения длины отвала к его ширине, так как от этого зависят степень рационального использования земель и уровень затрат на рекультивацию нарушенных площадей.

1.5. Обоснование площади и объемов в контурах карьера горной массы при его различных формах

При открытой разработке месторождений минерального сырья в зависимости от параметров разрабатываемой залежи, глубины карьера и углов откосов его бортов отводятся значительные земельные площади. Размеры карьера на уровне дневной поверхности определяются по аналитическим формулам или графическим способом. Площадь карьера на отметке дневной поверхности при известных его параметрах с достаточной точностью можно установить по формуле /37/

$$S_k = S + PH_k \cdot \operatorname{ctg} \beta_{cp} + \pi H_k^2 \operatorname{ctg}^2 \beta_{cp}, \quad (1.36)$$

где S – площадь подошвы карьера; m^2 ; P – периметр подошвы карьера, m ; β_{cp} – средний угол откоса борта, град.; H_k – глубина карьера, m .

Объем горной массы в контурах карьера при равных значениях углов откосов его бортов, характеризующий масштаб горных работ, срок существования и производительность карьера, можно определить по формуле академика В.В.Ржевского

$$V_{г.м} = SH_k + \frac{1}{2} PH_k^2 \operatorname{ctg} \beta_{cp} + \frac{1}{3} \pi H_k^3 \operatorname{ctg}^2 \beta_{cp}. \quad (1.37)$$

Для аналитического определения площади карьера и объемов горной массы, находящейся в его контурах, при круглой, квадратной и прямоугольной формах подошвы карьера, равных или незначительно отличающихся между собой углах откосов бортов предлагается ряд зависимостей.

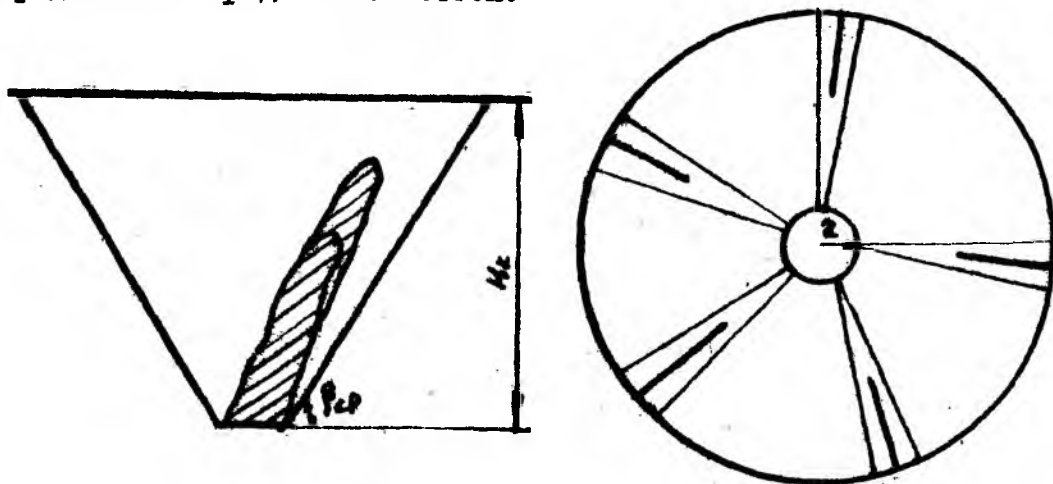


Рис.1.7. Схема карьера круглой формы

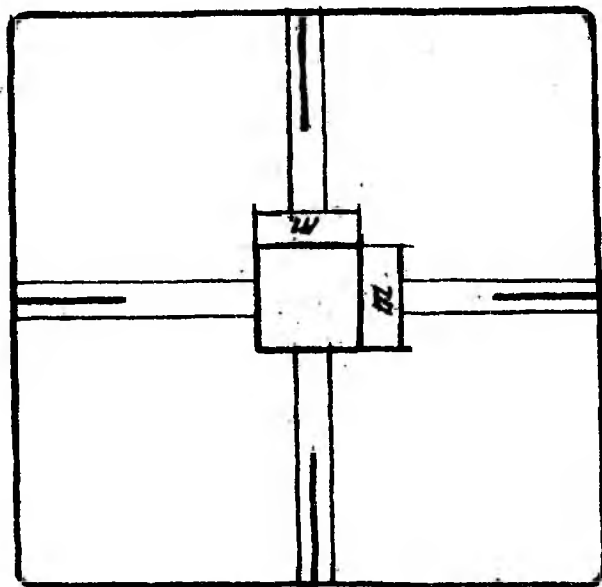
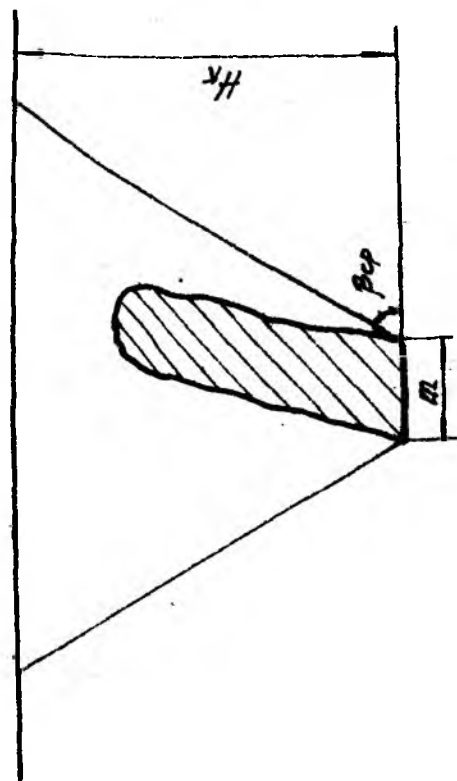


Рис. I. 8. Схема карьера квадратной формы

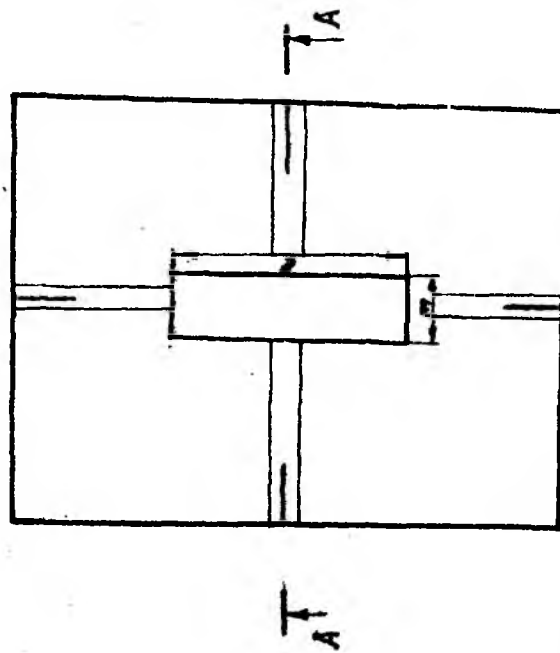
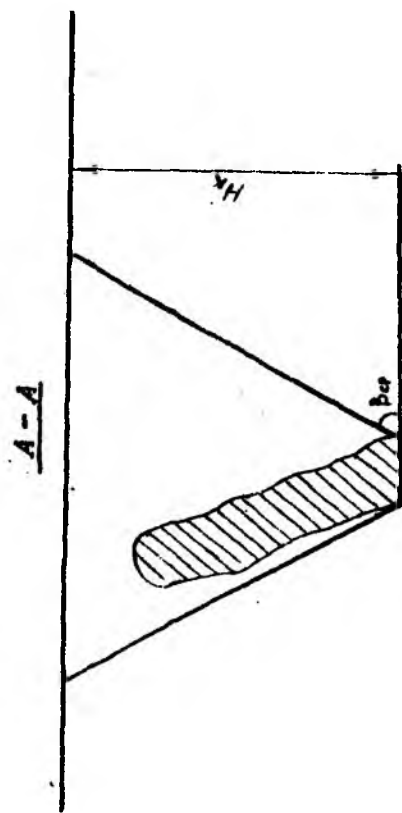


Рис. I. 9. Схема карьера прямоугольной формы

При круглой форме подошвы карьера (рис. I.7) его площадь на уровне дневной поверхности можно установить из выражения

$$S_{кр.к} = \pi (z + H_k \operatorname{ctg} \beta_{cp})^2, \quad (I.38)$$

где z - радиус залежи, м.

Объем горной массы в контурах карьера при круглой форме его подошвы определяется по формуле

$$V_{кр.г.м} = \pi H_k (z + 0,5 H_k \operatorname{ctg} \beta_{cp})^2. \quad (I.39)$$

При квадратной форме подошвы карьера (рис. I.8) его площадь на уровне дневной поверхности находится из выражения

$$S_{кв.к} = (m + 2 H_k \operatorname{ctg} \beta_{cp})^2, \quad (I.40)$$

где m - характерный размер дна карьера при его квадратной форме, м.

На открытых разработках часто встречаются пластовые залежи типа фосфоритовых руд Каратау. При разработке этих залежей форма карьера на уровне дневной поверхности приближается к прямоугольнику (рис. I.9). В этих условиях площадь карьера можно установить по формуле

$$S_{пр.к} = (m + 2 H_k \operatorname{ctg} \beta_{cp})(l + 2 H_k \operatorname{ctg} \beta_{cp}), \quad (I.41)$$

где m - ширина; l - длина дна карьера, м.

Объем горной массы в карьере при его прямоугольной форме находится из выражения

$$V_{пр.к} = H_k (m + H_k \operatorname{ctg} \beta_{cp})(l + H_k \operatorname{ctg} \beta_{cp}). \quad (I.42)$$

Предлагаемые формулы позволяют обосновать площадь и объемы карьера при его круглой, квадратной и прямоугольной формах. Использование предложенных аналитических зависимостей на стадии проектирования горных работ способствует повышению эффективности и точности в обосновании параметров нарушаемых площадей и объемов горных масс в карьере.

2. НАРУШЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ НА ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМ ОТВАЛОВ

2.1. Параметры земельных отводов под отвалы

На открытых разработках отвалы в плане в основном имеют круглую, квадратную и прямоугольную формы. В зависимости от формы отвала при его проектной высоте для складирования объема вскрышных пород изымается из нужд народного хозяйства конкретная земельная площадь.

Для сравнения рассмотрим параметры внешних отвалов при складировании вскрышных пород объемом 50 млн м³, высоте отвала 35 м и угле откоса после выполаживания, равном 21° (табл. 2.1).

Т а б л и ц а 2.1. Параметры отвала при его круглой и квадратной формах

Форма основания	Характеристика отвала						
	Объем складированных пород, млн м ³	Высота, м	Угол откоса, град.	Площадь основания, тыс. м ²	Горизонтальная площадь, тыс. м ²	Площадь под откосами, тыс. м ²	Периметр основания, м
Квадратная	50	35	21	1961	1484	477	5602
Круглая	50	35	21	1932	1509	423	4926

Из таблицы видно, что при квадратной форме основания отвала по сравнению с круглой площадь под его откосами увеличивается на 11,3%, а горизонтальная поверхность отвала уменьшается, что отрицательно сказывается на их восстановлении под сельскохозяйственные угодья. При квадратной форме основания отвала по сравнению с круглой увеличение его периметра составляет 11,4%.

При складировании вскрышных пород объемом 10-90 млн м^3 , угле откоса 18° и высоте отвала 10-50 м для размещения вскрышных пород требуется земельная площадь при круглой форме отвала от 126 до 1098 га (рис.2.1), квадратной - от 127 до 1100 га, прямоугольной - от 128 до 1120 га при возрастании отношения длины отвала к его ширине с 1,5 до 4,0.

V →

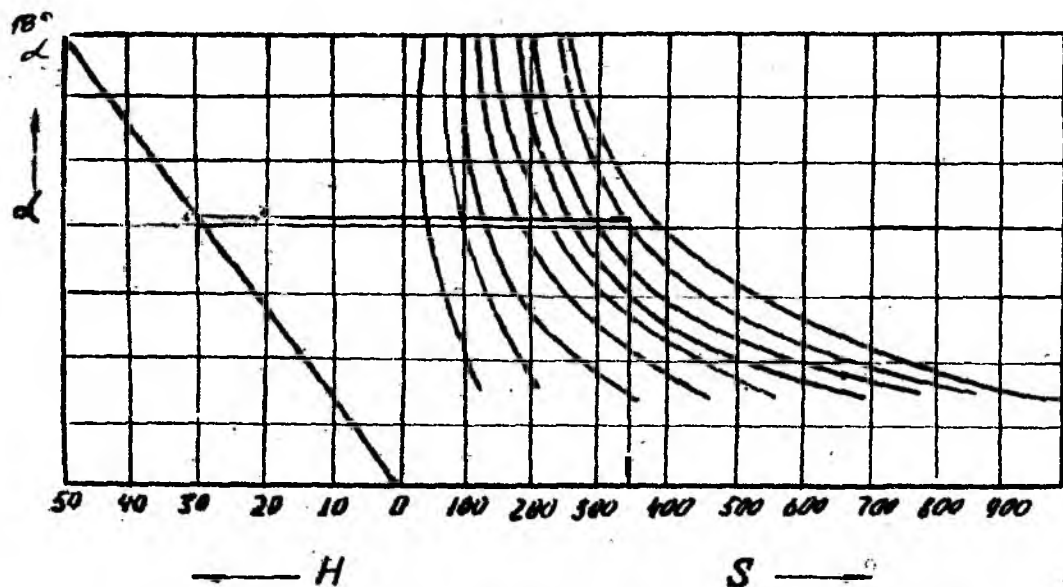


Рис. 2.1. График для определения площади круглого отвала от его высоты, угла откоса и объема складировемых пород

Выполненные расчеты также показывают, что при складировании определенного объема вскрышных пород минимальная земельная площадь приходится на отвалы круглой формы. Так, при размещении в отвале 90 млн м^3 вскрышных пород высотой 30 м с результирующим углом откоса отвала 18° необходимая площадь составляет при отвалах круглой формы 392 га, квадратной - 396 га, прямоугольной - от 404 до 434 га при изменении отношения длины отвала к его ширине в пределах 1,5-4,0. Как видно, земельный отвод под отвалы прямоугольной формы крайне нежелателен с позиции рационального землепользования в связи с увеличением размеров отвала при равных других его параметрах. Поэтому для установления площади отвала в первую очередь необходимо обосновать рациональную высоту отвала и значения результирующего угла его откоса.

2.2. Влияние формы и высоты отвала на вместимость отвальной площади

Оценка использования земельного отвода с точки зрения степени его применения во взаимосвязи с принятой организацией работ, параметрами систем разработки, горно-геологическими и горно-техническими условиями района имеет важное значение при открытых разработках. В условиях открытых разработок от параметров отвала и его формы зависят интенсивность нарушения земель, сроки и направление рекультивации, эффективность использования земель, технико-экономические показатели отвально-рекультивационных работ. С увеличением объема размещаемых на отвальной площади складироваемых вскрышных пород уменьшается ущерб народному хозяйству от потерь сельскохозяйственной продукции. Поэтому одним из основных показателей землепользования при отвалообразовании принято считать вместимость отвальной площади, которая измеряется в $\text{м}^3/\text{м}^2$. Она зависит в основном от формы отвала, его высоты и служит критерием эффективности применяемой схемы развития отвала. Для каждой такой схемы на стадии проектирования и его строительства должна определяться вместимость земель, отводимых под отвалы. Вместимость отвальной площади при круглой форме отвала определяется по формуле

$$V_{кр} = \frac{V}{\pi \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + \frac{H \operatorname{ctg} \beta}{2} \right)^2} \quad (2.1)$$

Для внешних отвалов, имеющих в основании квадратную форму, вместимость отвальной площади можно выразить так

$$V_{кв} = \frac{V}{\left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \beta \right)^2} \quad (2.2)$$

Вместимость отвальной площади при прямоугольной форме отвала определяется следующим образом:

$$V_{пр} = \frac{V}{n \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} + 4 \operatorname{ctg} \beta \right)} \quad (2.3)$$

При складировании вскрышных пород в объеме 10-90 млн м^3 , высоте отвала 10-50 м, значении результирующего угла откоса 18° вместимость отвальной площади составляет при круглой фор-

ме отвала 7,9–35,2 м³/м², квадратной – 7,9–34,5 м³/м², прямоугольной – 7,8–29,0 м³/м² (рис. 2.2) при изменении отношения длины отвала к его ширине от 1,5 до 4,0.

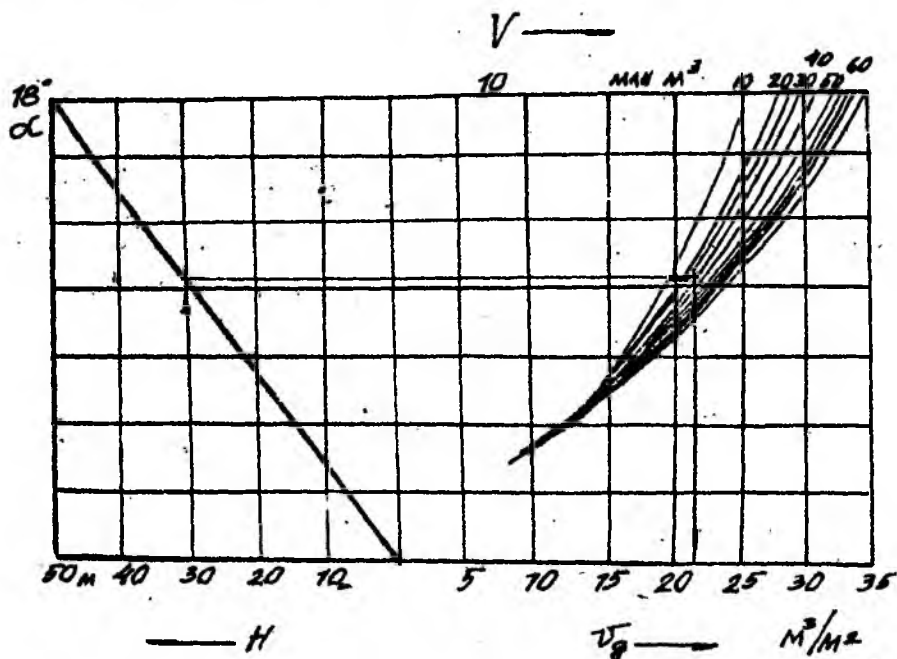


Рис. 2.2. График для определения вместимости отвальной площади квадратной формы в зависимости от высоты отвала, угла откоса и объема складываемых вскрышных пород

Как видно, отвалы прямоугольной формы имеют меньшую вместимость отвальной площади по сравнению с другими формами при равных остальных параметрах отвалов. Это объясняется увеличением периметра отвала при его прямоугольных формах по сравнению с круглой и квадратной формами. Увеличение периметра отвала приводит к возрастанию площади, занимаемой откосами отвалов. В результате этого уменьшается количество породы, уложенной на 1 м² площади основания откосов, что влечет за собой снижение общей вместимости отвальной площади. Увеличение отношения длины к его ширине приводит к уменьшению вместимости отвальной площади, что также связано с возрастанием периметра отвала. В связи с этим при выборе схемы селективного формирования отвала должны учитываться влияние высоты и формы отвала на показатели землепользования.

2.3. Определение отводимых площадей под въезды на отвал

При внешнем отвалообразовании въезды на отвал в основном располагаются за пределами отвальной площади, что, в свою очередь, ведет к увеличению нарушенных земель при размещении вскрышных пород за пределами карьерного поля. Размеры отводимых земель под въезды на отвал в основном зависят от высоты отвала и ширины въезда.

Площадь, занимаемую въездом, сооруженным за пределами отвала, с достаточной точностью можно установить по выражению

$$S_b = H (\operatorname{ctg} i - \operatorname{ctg} \beta) (b + H \operatorname{ctg} \beta), \quad (2.4)$$

где i — продольный уклон дороги, град.; b — ширина въезда на отвал, м.

Расчеты показывают, что при ширине въезда на отвал 10–20 м, высоте отвала 10–50 м, продольном уклоне пути 80% и результирующем угле откоса отвала 18° для сооружения одного въезда требуется от 0,4 до 8,1 га земель (рис.2.3). Дальнейшее увеличение

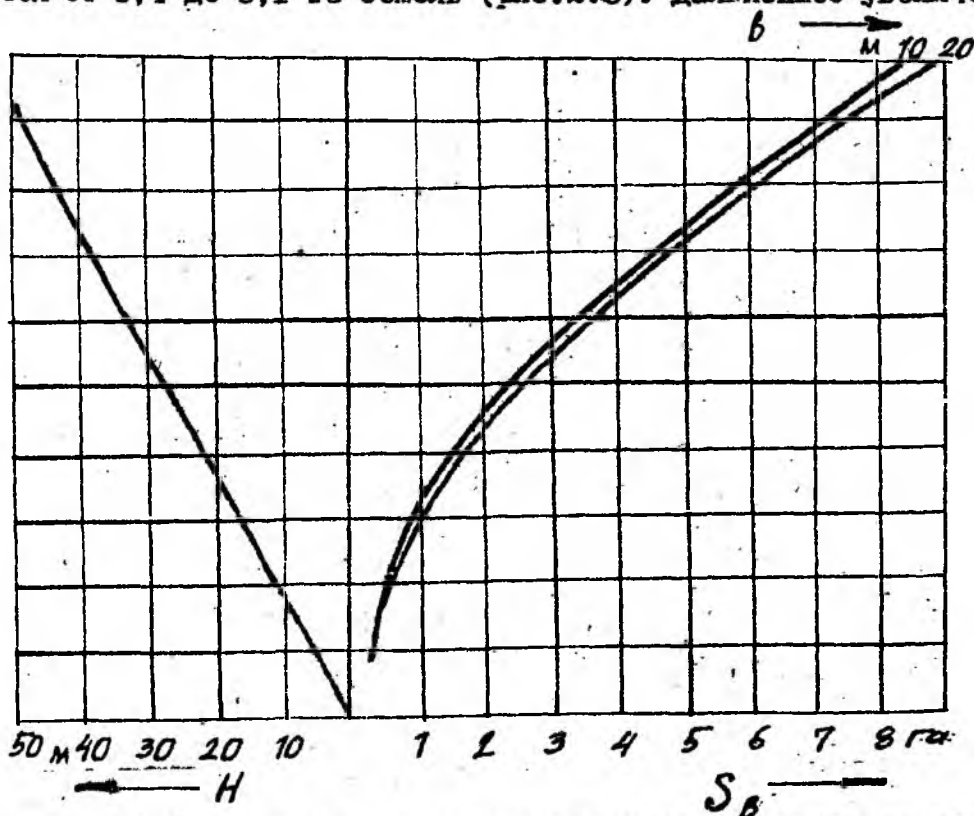


Рис.2.3. График зависимости размеров нарушенных земель от параметров въездов на отвал

высоты отвала приводит к росту отчуждаемых площадей под въезды на отвал. В этой связи расположение въезда на отвал должно решаться с учетом горно-геологических и горно-технических условий и сельскохозяйственной ценности земель. Уменьшение отвода земель при отвалообразовании в условиях конкретного предприятия даст определенный народнохозяйственный эффект. Учитывая, что при разработке каждого месторождения может быть предусмотрено несколько отвалов, решение данного вопроса имеет очень важное значение. Следует отметить, что для рационального землепользования необходимо изыскание способов сооружения въездов на отвал, обеспечивающих минимальные нарушения земель при внешнем отвалообразовании.

2.4. Влияние технологии отвалообразования на параметры отвалов, планировку их поверхности и выполняживание откосов *

Особенностью многократной перевалки вскрышных пород во внешние отвалы драглайнами является отсутствие жесткой зависимости между развитием фронта работ в карьере и на отвале по каждой экскаваторной заходке. В этих условиях при несоблюдении параметров и технологии отсыпки пород возможны большие отклонения в размерах отвалов и нарушаемых под ними земель и степени пересеченности рельефа их поверхности. Поэтому изучение влияния параметров разработки пород вскрыши и технологии отсыпки внешних отвалов драглайнами на эффективность ведения вскрышных и рекультивационных работ представляет определенный интерес.

Параметры внешних прибортовых отвалов, образуемых многократной экскаваторной перевалкой вскрыши, определяются, прежде всего, размерами разрабатываемого участка карьерного поля, применяемым оборудованием и физико-механическими свойствами вскрышных пород. Высота отвалов ограничивается рабочими параметрами драглайна, условиями долговременной устойчивости откосов и количеством отсыпаемых ярусов. Ширина отсыпаемых прибортовых отвалов определяется, как правило, только из условия размещения удаляемого объема вскрышных пород с учетом коэффициента их разрыхления.

Для размещения удаляемых объемов вскрышных пород в пределах проектируемых контуров отвалов необходимо строгое соблюдение

*Краткограф написан совместно с канд. техн. наук Е.С.Зулкарнаевым

последовательности и параметров отсыпки по каждой отвальной заходке. Вместе с тем ширина отвалов может зависеть также и от технологических приемов отсыпки пород.

При экскаваторной перевалке вскрыши возможно применение следующих основных способов отсыпки пород в отвалы: конусного равномерного, гребневого непрерывного и дугового поперечного (веерного) /9/. В зависимости от способа отсыпки образуется различный рельеф поверхности отвалов, представленный гребнями или конусами и впадинами между ними. Влияние образующихся впадин на параметры отвала может быть учтено коэффициентом увеличения ширины отвальной заходки, определяемым из выражения

$$K_{yz} = 1 + \frac{V_{en}}{V_{oz}}. \quad (2.5)$$

где V_{en} - объем образующихся впадин, m^3 ; V_{oz} - объем разрыхленных пород в отвальной заходке, m^3 .

Объем образующихся впадин определяется по формуле /9/

$$V_{en} = \alpha A_o^2 l_{no} \operatorname{tg} \beta, \quad (2.6)$$

где α - коэффициент, зависящий от способа отсыпки (при конусном, гребневом и веерном способах он равен соответственно 0,37; 0,25; 0,126); A_o^2 - ширина отвальной заходки, м; l_{no} - шаг передвижки экскаватора при переэкскавации, м.

Объем разрыхленных пород в отвальной заходке составит

$$V_{oz} = A_e H_e K_p l_{no}. \quad (2.7)$$

Выражение (2.5) с учетом (2.6) и (2.7) после необходимых преобразований можно представить следующим образом:

$$K_{yz} = 1 + \frac{\alpha H_e A_e K_p \operatorname{tg} \beta}{H_o^2} + 2 \left(\frac{\alpha H_e A_e K_p \operatorname{tg} \beta}{H_o^2} \right)^2 + \left(\frac{\alpha H_e A_e K_p \operatorname{tg} \beta}{H_o^2} \right)^3. \quad (2.8)$$

Расчеты по формуле (2.8) показывают, что с увеличением ширины вскрышной заходки от 10 до 40 м величина коэффициента возрастает соответственно при конусном равномерном, гребневом непрерывном и веерном способах отсыпки в пределах 1,142-2,137; 1,090-1,610; 1,042-1,235 (рис. 2.4, а).

Ширину отвала, отсыпаемого в один ярус, с учетом влияния образующихся впадин можно представить так

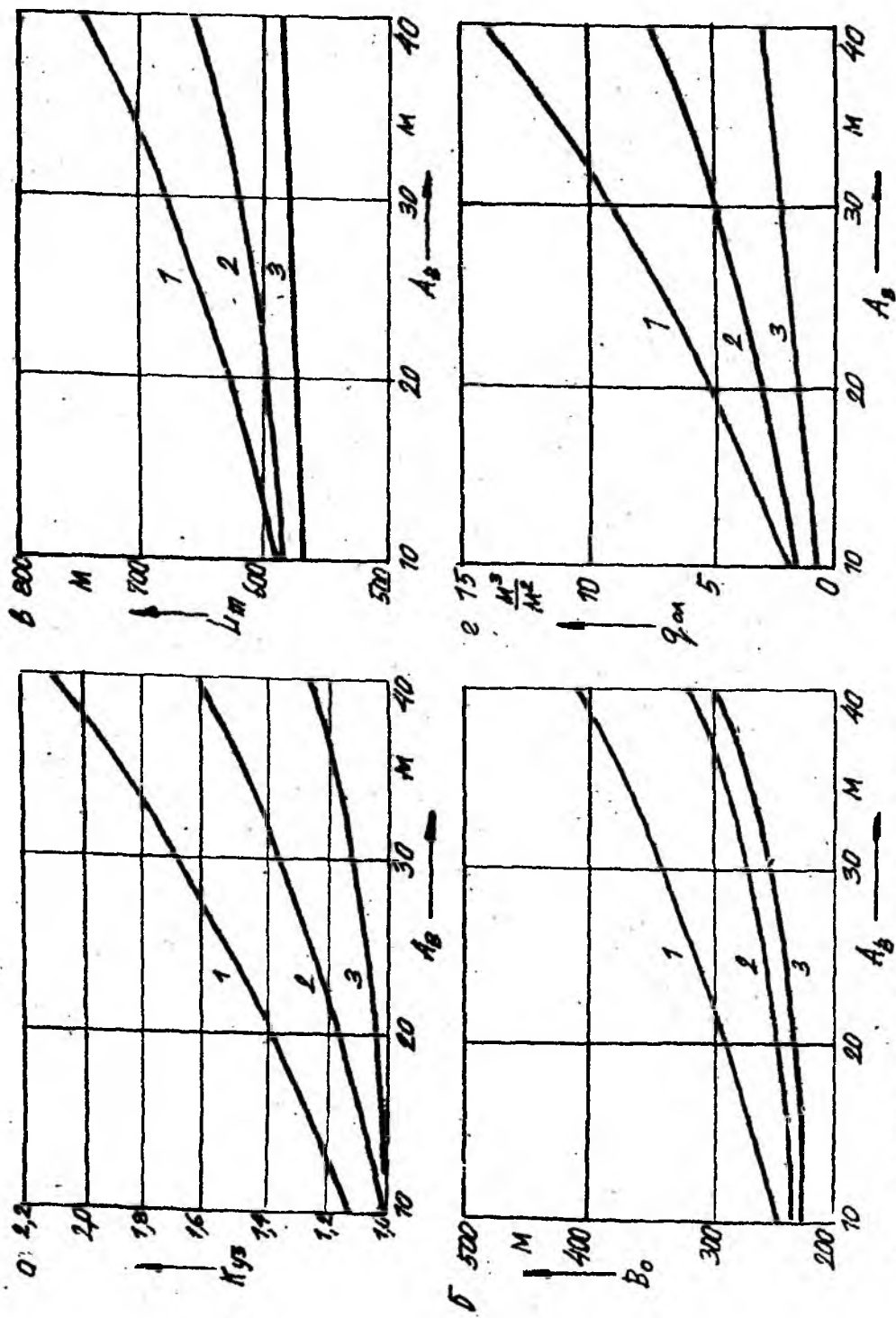


Рис. 2.4. Зависимость параметров перевалки и планировки от ширины заходки при конусном (I), гребневом (2) и веерном (3) способах отсыпки

$$B_0 = A_{оп} + (m - m_n - 1)A_0 + A_{пко}, \quad (2.9)$$

где $A_{оп}$ - ширина отвального гребня по верху, образуемого в периферийной части отвала, м; m - число вскрышных заходок, разрабатываемых драглайном; m_n - число вскрышных заходок, размещаемых в периферийной части отвала; $A_{пко}$ - ширина последней отвальной заходки, отсыпаемой из приконтурной заходки, м.

Значения выражений, входящих в (2.5), в свою очередь, определяются по формулам

$$A_{оп} = \left(\frac{m_n S_B K_p}{H_0} - H_0 \operatorname{ctg} \beta \right) K_{уп}, \quad (2.10)$$

$$A_0 = \frac{S_B K_p K_{уз}}{H_0}, \quad (2.11)$$

$$A_{пко} = \frac{S_{пко} K_p K_{упк}}{H_0}, \quad (2.12)$$

где S_B - сечение вскрышной заходки, разрабатываемой драглайнами, м^2 ; $K_{уп}$ - коэффициент увеличения ширины периферийного отвального гребня по верху; $S_{пко}$ - площадь сечения приконтурной заходки, м^2 ; $K_{упк}$ - коэффициент увеличения ширины приконтурной отвальной заходки.

Расчеты по формуле (2.9) с учетом выражений (2.10)-(2.12) показывают, что при ширине разрабатываемого участка карьерного поля 200 м и изменении A_B от 10 до 40 м ширина отвала увеличивается соответственно для конусного равномерного, гребневого непрерывного и веерного способов отсыпки в следующих пределах: 246-410; 235-317; 226-250 м (см. рис. 2.4, б). Увеличение параметров отвала, в свою очередь, вызывает возрастание расстояния перемещения пород в 1,01-1,25 раза (см. рис. 2.4, в).

Параметры разработки и технология отсыпки отвалов определяют объем планировочных работ при рекультивации их поверхности. Удельный объем планировки поверхности отвала в $\text{м}^3/\text{м}^2$ при полном ее выравнивании можно определить по формуле /9/

$$q_m = a_1 A_0 \operatorname{tg} \beta, \quad (2.13)$$

где a_1 - коэффициент, зависящий от способа отсыпки.

При экскаваторной перевалке вскрыши во внешние отвалы выражение (2.13) можно преобразовать к виду

$$q_{пл} = \frac{\alpha, A_e H_e K_p K_{кз} t_{гв}}{H_0} \quad (2.14)$$

После подстановки численных значений параметров, входящих в формулу (2.14), получим, что при изменении A_B от 10 до 40 м удельный объем планировочных работ увеличивается соответственно для конусного равномерного, гребневого непрерывного и веерного способов отсыпки в следующих пределах: 2,09–14,3; 1,35–7,55; 0,65–2,99 м³/м² (см. рис. 2.4, г).

Объем планировки поверхности отвала равен

$$V_{пл} = q_{пл} \cdot S_{пл} \quad (2.15)$$

где $S_{пл}$ – площадь планируемой поверхности отвала, м².

При длине отвального участка, равной длине экскаваторного блока $L_г$, выражение (2.15) с учетом (2.14) можно представить в виде

$$V_{пл} = \frac{\alpha, A_e H_e B_0 L_г K_p K_{кз} t_{гв}}{H_0} \quad (2.16)$$

Таким образом, параметры разработки и технология отсыпки внешних отвалов существенно влияют на параметры отвала и объемы планировочных работ при рекультивации. При расчетах параметров внешних отвалов, образованных экскаваторной перевалкой, необходимо учитывать влияние коэффициента увеличения ширины отвальной заходки. Наиболее приемлемым способом отсыпки в условиях экскаваторной перевалки вскрыши во внешние отвалы является веерный.

Откосы отвалов наиболее подвержены разрушительному воздействию водной эрозии. Для защиты почв на склонах от водной эрозии эффективно создание на них лесонасаждений. При этом на склонах крутизной до 6° проводят сплошную обработку почвы, от 6 до 12° – полосную, а от 12 до 40° – выемочно насыпными террасами. Углы откосов отвалов, отсыпанных драглайнами, составляют 37°. Для придания им требуемого условия рекультивации необходимо производить их сплошное выполаживание или террасирование.

Сплошное выколаживание откосов может производиться с перемещением пород сверху вниз к основанию отвала или снизу вверх на его поверхность. Существует множество технологических схем сплошного выколаживания откосов способом сверху вниз. При использовании для такого выколаживания откосов имеющихся на бокситовых карьерах драглайнов его параметры должны удовлетворять условиям

$$R_{\text{эф}} \geq 0,5 D_s + c + H_0 \operatorname{ctg} \beta_p + 2\ell, \quad (2.17)$$

$$H_0 \leq (0,7 \div 0,8) H_{p \max}, \quad (2.18)$$

где $R_{\text{эф}}$ - эффективный радиус действия драглайна при выколаживании, м; D_s - диаметр базы драглайна, м; c - расстояние между базой драглайна и нижней бровкой откоса отвала после выколаживания, м; β_p - угол выколаживания откоса отвала по условиям рекультивации, град.; ℓ - ширина срезаемой части отвала при выколаживании, м; $H_{p \max}$ - максимальная высота разгрузки драглайна, м.

Расчеты показывают, что эффективный радиус черпания драглайнов при сплошном выколаживании способом сверху вниз должен составлять более 160 м, а максимальная высота разгрузки - свыше 40 м. Поэтому применение этого способа неосуществимо даже такими мощными драглайнами, как ЭШ-15/90А и ЭШ-20/90.

При использовании этого способа бульдозеров объем работ по выколаживанию увеличивается ввиду возникновения повторного перемещения пород. Объем работ по выколаживанию на погонный метр периметра отвала можно определить по формуле /35/

$$q_{\text{выт}} = 0,281 H_0^2 (\operatorname{ctg} \sqrt{\frac{5 \cdot 10^4}{H_0 - 22}} - \operatorname{ctg} \beta). \quad (2.19)$$

Для одноярусных отвалов, образованных драглайнами, он составляет 985,6 м³. Отвалы бестранспортной вскрыши имеют вытянутую форму и периметр их откосов в масштабе рудоуправления исчисляется десятками километров. Поэтому применение бульдозеров сплошного выколаживания откосов способом сверху вниз также неэффективно.

Конструктивные особенности и рабочие параметры шагающих экскаваторов позволяют их передвижение по поверхности отвалов, сложенных глинистыми породами, и выколаживание откосов спосо-

бом снизу вверх. Однако удельные объемы работ при этом возрастают в несколько раз по сравнению с выполняживанием способом сверху вниз.

При выполняживании откоса отвала путем террасирования удельный объем работ по террасированию находится из выражения /35/

$$q_{тер} = b_T h_T (K_T + K_{Тп}), \quad (2.20)$$

где b_T и h_T - соответственно ширина и высота террасы, м; K_T - коэффициент, зависящий от числа террас; $K_{Тп}$ - коэффициент, учитывающий объем вторичного перемещения при создании террас.

В рассматриваемых условиях бокситовых карьеров удельный объем работ по террасированию составляет 480 м^3 . Он вдвое меньше, чем при сплошном выполняживании. Однако в целом объемы террасирования по всему периметру откосов отвалов достаточно значительны. Таким образом, способы выполняживания откосов после их формирования неэффективны. Для существенного уменьшения объемов выполняживания необходимо предусматривать работы по выполняживанию в ходе формирования откосов.

3. НАЗНАЧЕНИЕ ПЛОДОРОДНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ, ТЕХНОЛОГИЯ ЕГО СНЯТИЯ, ХРАНЕНИЯ, УКЛАДКИ И ПРОВЕДЕНИЕ ГОРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РАБОТ НА ОТВАЛАХ

3.1. Роль почвы при восстановлении нарушенных земель

Почва — рыхлый поверхностный слой земной коры, образовавшийся в условиях длительного тесного контакта биосферы под воздействием физических, химических и биологических процессов. Особенно велика роль почвы для жизнедеятельности живых организмов, способствующих развитию основного свойства почвы — плодородия. Плодородие — это способность почвы обеспечить растения необходимым количеством питательных элементов, воды и воздуха. В природе почва занимает промежуточное положение между миром живых организмов и неорганической природой, ей свойствен процесс обмена веществ.

Важна роль почвы и в жизни человека. Как в далеком прошлом, так и в настоящее время, несмотря на все достижения науки и техники, человек получает из почвы почти все, за исключением ресурсов моря, необходимое для его существования. Почва и ее плодородие — важнейший и незаменимый источник пищевых ресурсов для человечества, главное богатство, от которого зависит наша жизнь. Поэтому необходимо всегда заботиться о ней и делать все, чтобы оставить ее улучшенной последующим поколениям. Она является основным средством сельскохозяйственного производства и лесоводства. Кроме того, вместе с материнскими породами почву применяют в различных земляных сооружениях. Участки с определенными типами почв используют под разнообразные постройки и сооружения.

Почва имеет важное санитарно-гигиеническое и медицинское значение. Она является средой жизни многочисленных низших животных и микроорганизмов, оказывающих болезнетворное воздействие на человека. Известно, что многие и. фекционные и паразитарные

болезни носят очаговый характер. Эти очаги представляют собой естественную среду, благоприятную для существования возбудителей болезней. Такой средой часто служит почва. Так, болезнь гистоплазмоз, вызываемая особыми грибами, отмечена в США на территориях, занятых красно-желтыми оподзоленными почвами теплого климата с осадками 1000–2000 мм в год. Там, где расположены другие почвы, эта болезнь практически отсутствует. В сельских районах Бенгалии (Индия) наибольшая смертность от холеры отмечена на гидроморфных почвах аллювиальных, заболоченных, дельтовых, которые, по-видимому, наиболее благоприятны для развития холерного вибриона. Распространение некоторых инфекционных болезней тяготеет к почвам, предпочитаемым животными, являющимися носителями инфекционных заболеваний.

На состояние здоровья человека может также влиять химический состав почвы. Недостаток отдельных химических элементов бывает столь велик, что вызывает в организме нарушение обмена веществ и эндемические заболевания. Следовательно, использование и охрана почв должны основываться на учете их разнообразной роли в природе и жизни человека.

Почвы покрывают преобладающую часть поверхности суши, за исключением территорий, занятых ледниками и вечными снегами, барханами, скалами, каменистыми россыпями и т.п.

Современное состояние почвенного покрова определяется в первую очередь деятельностью человеческого общества. Эта деятельность вытупает на первое место среди факторов почвообразования с момента вовлечения целинных земель в культуру. Хотя природные факторы при этом не перестают действовать на почву, характер этого действия резко меняется. Пути и способы воздействия человека на почву весьма многообразны и зависят от уровня развития производительных сил человеческого общества.

Другие воздействия вызывают ухудшение качества почвы и ее плодородия, что ведет к уменьшению площади. К особо опасным последствиям отрицательного воздействия человека на почву следует отнести эрозию почвы, загрязнения химическими веществами, засоление, заболачивание, уничтожение и занятие почв под сооружения, постройки, водохранилища и т.д.

Ущерб, наносимый всем этим мировому фонду почв, принял в настоящее время угрожающие размеры. Площади почв уменьшаются

в тысячи раз быстрее, чем образуются. Толщина верхнего плодородного слоя почвы, содержащего гумус, во многих типах почв редко превышает 20 см. На его образование потребовалось не менее 2-7 тыс. лет. При ускоренной эрозии полное разрушение этого слоя может произойти за 10-30 лет, а нередко он смысается всего лишь за один ливень или сдувается за одну пыльную бурю.

Постановление Совета Министров СССР № 407 от 2 июня 1976 года "О рекультивации земель, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геологоразведочных, строительных и других работ" обязывает предприятия, организации и учреждения, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых и торфа, проводящие геологоразведочные, изыскательские, строительные и иные работы, связанные с нарушением почвенного покрова на предоставленных им сельскохозяйственных землях или лесных угодьях, по миновании надобности в этих землях за свой счет приводить их в состояние, пригодное для использования в сельском, лесном и рыбном хозяйствах, а при производстве указанных работ на других землях - в состояние, пригодное для применения их по назначению.

Предприятия, организации и учреждения, осуществляющие, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых, а также проводящие другие работы, связанные с нарушением почвенного покрова, обязаны снимать, хранить и наносить плодородный слой почвы на рекультивируемые земли, а при экономической целесообразности - и на малопродуктивные угодья.

Мероприятия по восстановлению плодородия рекультивируемых земель для использования их в сельском или лесном хозяйстве осуществляются землепользователями, которым передаются земли за счет предприятий, организаций и учреждений, проводивших на этих землях работы, связанные с нарушением почвенного покрова.

Отвод земельных участков, занятых сельскохозяйственными угодьями, под разработку месторождений полезных ископаемых и добычу торфа действующим предприятиям, организациям, учреждениям производится с учетом времени, необходимого для проведения соответствующих подготовительных работ на отводимых земельных участках, как правило, после осуществления или рекультивации

ранее отведенных земельных участков, в которых миновала необходимость, и передачи этих участков соответствующим землепользователям либо нанесения плодородного слоя почвы на малопродуктивные угодья. Указанные работы осуществляются согласно утвержденным в установленном порядке проектам и календарным планам проведения этих работ.

Установлено, что работы по рекультивации и восстановлению плодородия рекультивируемых земель, а также снятию плодородного слоя почвы, хранению и нанесению его на рекультивируемые земли или малопродуктивные угодья при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа полностью выполняются землепользователями.

Плодородный слой почвы должен обладать следующими свойствами: 1) обеспеченность элементами питания в усвояемой растениями форме; 2) обеспеченность водой в доступных для растений формах; 3) обеспеченность кислородом в количестве, необходимом для жизнедеятельности растений; 4) благоприятную структуру почвенной массы, обеспечивающую оптимальный водно-воздушный режим и хорошую проницаемость корней, что позволяет растениям извлекать в достаточном количестве питательные вещества и влагу; 5) отсутствие соединений, токсичных для растений.

При рекультивации в качестве объекта производства работ выступают нарушенные земли, а процессы снятия, перевозки и нанесения почвы на восстанавливаемые участки входят, как правило, в технологический цикл работ, связанных с нарушением поверхности. Эти работы выполняются на землях, отведенных предприятию для определенных целей, и не вызывают специфических правовых осложнений. То, что нарушено, должно быть восстановлено согласно проекту, и по миновании необходимости в отведенных землях рекультивированные участки передаются в установленном порядке для использования по назначению. При этом стремятся избежать хранения почвы как промежуточного технологического звена и предпочитают нанести снятую почву на рекультивируемый участок, снизив этим затраты труда и средств.

Иначе обстоит дело при использовании снятых плодородных почв для продуктивности малопригодных сельскохозяйственных угодий. Здесь в качестве объекта производства работ выступают земельные участки, находящиеся у различных землепользователей.

Плодородный слой почвы требуется снимать с участков, отведенных предприятиям, организациям или учреждениям под застройку, затопление и т.п. Однако эти работы следует обычно выполнять при необходимости в соответствии со строительными нормами и правилами сооружения того или иного объекта. По отношению к сооружаемому объекту снятие почвы нередко является дополнительным удорожающим стоимость строительства мероприятием, но тем не менее строительные организации обязаны эти работы выполнять. Снятые плодородные почвы используются для повышения плодородия малопродуктивных угодий в колхозах и совхозах. Таким образом, у землепользователей проводится своеобразная реконструкция или создание полей с насыпными почвами, причем участки, с которых снимается почва, и участки землевания могут находиться в разных административных районах и областях. В данной ситуации взаимоотношения между землепользователями законодательством предусмотрены пока недостаточно.

Кроме того, при землепользовании снятая почва выступает в новом, ранее не рассматриваемом качестве — как полезное ископаемое. В этом случае она становится товарной продукцией, добытой попутно в ходе строительства, и приобретает свойство транспортабельности, утрачивая как элемент земли одну из ее специфических особенностей — постоянство места. Справедливость такого определения почвы вытекает из того, что не всякая почва является полезным ископаемым, а лишь такая, которую можно экономически эффективно использовать для землевания. Как показывают расчеты, срок окупаемости капиталовложений на землевание за счет прибыли от прибавки урожая на мелиорируемых угодьях, как правило, выше среднего, установленного для промышленных отраслей народного хозяйства. И здесь необходимо согласование действующих правовых и экономических норм. В противном случае будет происходить неоправданная затрата государственных средств или невыполнение правовых норм.

Под недрами понимается часть природной среды, находящаяся под земной поверхностью, а также минералы, элементы и горные породы, выходящие на поверхность земли; верхней границей недр признается земная поверхность. Однако не все минералы или горные породы, имеющиеся в недрах, являются полезными ископае-

мыми. Последними считаются лишь те элементы, которые извлекаются из недр для хозяйственного использования. Поэтому в рассматриваемом случае снимаемая почва как по физической сущности процесса извлечения из недр, так и по экономическому содержанию в целях хозяйственного использования, т.е. для повышения плодородия малопродуктивных угодий полностью попадает под определение "полезного ископаемого", так же, как любые другие полезные ископаемые, — песок, гравий, торф и т.п.

3.2. Технологические схемы снятия плодородного слоя почвы

Техническая рекультивация земель, нарушенных открытыми горными работами, начинается со снятия плодородного слоя почвы на всех площадях, отведенных под производственные объекты. Технология снятия плодородного слоя с нарушаемых земель горного отвода включает следующие виды работ: выемку плодородного слоя с нарушаемых земель и его погрузку; транспортирование плодородного слоя до временных складов или рекультивируемых поверхностей и складирование его во временные склады.

Снятие плодородного слоя с применением различных средств должно осуществляться с соблюдением рациональных параметров, установленных для каждого вида оборудования. Обеспечение повышения производительности экскаватора при снятии плодородного слоя может быть достигнуто в результате использования бульдозера для создания временного навала.

Опережающее снятие плодородного слоя почвы с площади будущей траншеи возможно при взаимоувязке работ по снятию почвы и проходке траншеи. При проходке траншеи экскаваторно-автомобильным комплексом снятие плодородного слоя предусматривается бульдозером поперечными заходками по отношению к оси траншеи (рис. 3.1). Снятая почва перемещается на прибортовые временные навалы, располагаемые за контуром траншеи. Погрузка плодородного слоя почвы осуществляется непосредственно из навала в автосамосвалы экскаваторами или одноковшовыми погрузчиками. Высота создаваемого навала позволяет заполнить ковш экскаватора или погрузчика за одно черпание.

Одним из основных параметров технологических схем является

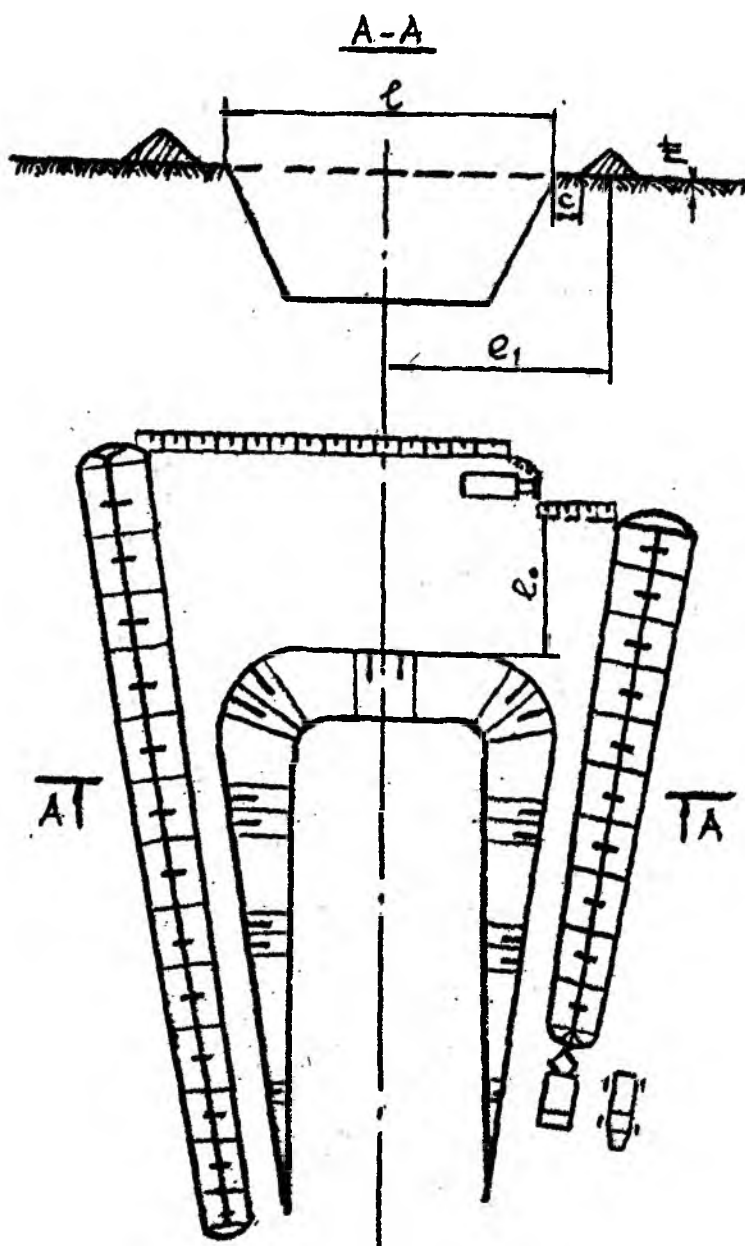


Рис. 3.1. Технологическая схема снятия плодородного слоя при проходке траншеи

расстояние перемещения плодородного слоя почвы бульдозером до временных навалов, расположенных за контуром траншеи. При расположении временных навалов с одной стороны траншеи рациональное расстояние перемещения плодородного слоя почвы выражается

$$l_1 = c + \frac{l}{2} + \sqrt{m l K_p \operatorname{ctg} \alpha}, \quad (3.1)$$

где c – безопасное расстояние от подошвы навала до верхней бровки траншеи, м; l – ширина траншеи, м; m – мощность плодородного слоя почвы, м; K_p – коэффициент разрыхления плодородного слоя почвы; α – угол откоса навала плодородного слоя почвы, град.

Объем плодородного слоя почвы, приходящегося на 1 м длины временного навала, определяется из выражения

$$V = m l K_p. \quad (3.2)$$

Для определения объема и расстояния перемещения плодородного слоя почвы в зависимости от его снимаемой мощности и изменяющейся ширины траншеи составлен график (рис. 3.2), который позволяет установить место расположения и параметры навала почвы. При ширине траншеи поверху 20–70 м и мощности снимаемого плодородного слоя почвы 0,1–0,5 м рациональное расстояние перемещения почвы изменяется от 13 до 39 м, а объем почвы на 1 м длины навала – от 3 до 40 м³. Определение рациональных параметров технологических схем снятия плодородного слоя почвы в тесной связи с ведением горных работ обеспечивает выполнение работ с минимальными затратами.

При снятии плодородного слоя почвы с площадей карьеров и отвалов возможно применение следующих комплексов: бульдозерно-экскаваторно-автомобильный; бульдозерно-погрузочно-автомобильный; скреперно-бульдозерный. В практике горных работ широко распространено снятие плодородного слоя почвы бульдозером с размещением его во временный навал и последующей погрузкой в автотранспорт мехлопатами или погрузчиками. При этом основным требованием к структуре комплексной механизации работ является производительное использование машин и механизмов, применяемых на снятии и погрузке плодородного слоя почвы. В соответствии с этим обосновываются параметры технологической схемы двустороннего буртования во временные навалы при снятии плодородного слоя почвы. Относительная независимость выполнения процесса погрузки достигается созданием запасов снятого плодородного слоя почвы, обеспечением экскаваторов автотранспортом и условиями обмена для подачи транспортных осудов.

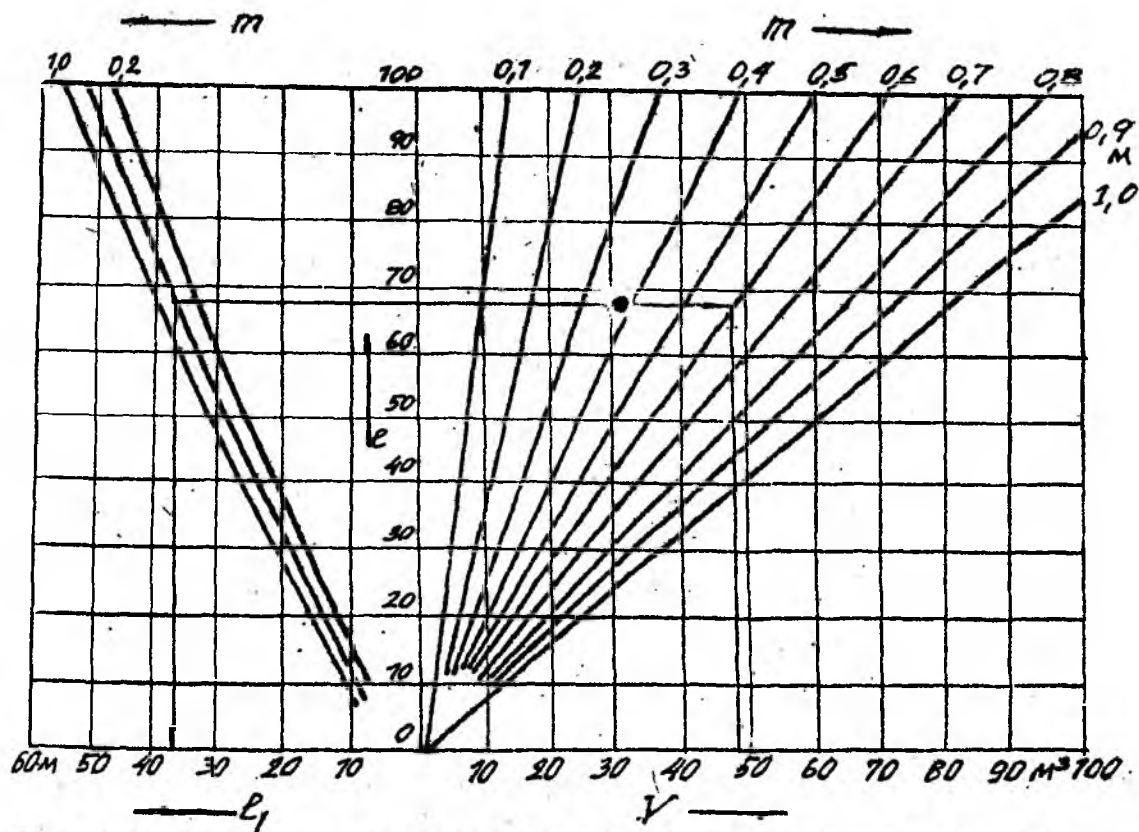


Рис. 3.2. График для определения объема и расстояния перемещения плодородного слоя в зависимости от ширины траншеи.

Рассмотрим технологию снятия плодородного слоя почвы буртованием во временные навалы и зависимость производительности бульдозера от мощности снимаемого слоя и вида применяемого погрузочного оборудования. Совершенствование организации работы бульдозера на снятии плодородного слоя почвы может быть достигнуто применением технологических схем, позволяющих значительно сократить расстояние перемещения горной массы. Этому требованию соответствует технологическая схема двустороннего буртования плодородного слоя почвы во временные навалы. При этом погрузка плодородного слоя почвы из временного навала может осуществляться экскаватором или одноковшовыми погрузчиками в автосамосвалы.

На рис.3.3 показана схема работы бульдозера при снятии плодородного слоя почвы. Площадь, подлежащая снятию плодородного слоя почвы, делится на участки длиной ℓ , соответствующей рациональной организации работы бульдозера и экскаваторов.

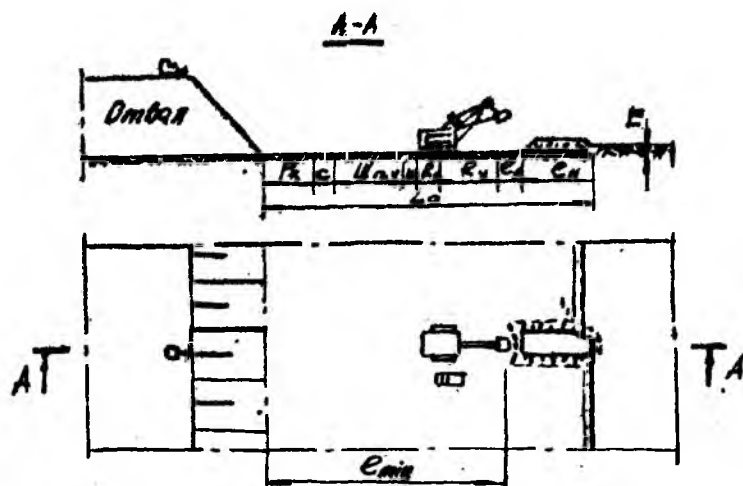


Рис.3.3. Схема снятия плодородного слоя почвы

Бульдозер снимает плодородный слой почвы последовательными заходками и создает навал в центре участка высотой, позволяющей заполнить ковш экскаватора за одно черпание. Толщина срезанного слоя зависит от мощности применяемого бульдозера и в среднем составляет 5–10 см. При заполнении лемеха срезанным слоем бульдозер останавливается, отходит задним ходом и снова двигает грунт в валик. Затем операция повторяется, срезая плодородный слой почвы на соседней полосе с перекрытием 0,3 м, и так по всей ширине участка.

Минимальная высота забоя при этом зависит от вместимости ковша /35/

$$h_{min} = 0,95 + 0,47 E - 0,02 E^2, \quad (3.3)$$

где E – геометрическая емкость ковша экскаватора, m^3 .

Зная минимальную высоту забоя, можно определить объем создаваемого навала плодородного слоя почвы

$$V_n = (A - h_{min} \operatorname{ctg} \alpha) h_{min} l_n, \quad (3.4)$$

где A – ширина заходки, равной радиусу черпания экскаватора $R_{\psi y}$ на горизонте установки $A = (0,7-1,7) R_{\psi y}$, м; l_n – длина навала снятого плодородного слоя почвы, м; α – максимальный угол наклона при перемещении бульдозера с плодородным слоем почвы, град.

С другой стороны, объем навала в зависимости от мощности

снимаемого плодородного слоя почвы определяется так

$$V_n = \ell \cdot m \cdot \ell_n \cdot K_p, \quad (3.5)$$

где ℓ – длина заходки, разрабатываемой бульдозером, м; m – мощность плодородного слоя почвы, м.

Из формул (3.4), (3.5) определяется рациональная длина заходки бульдозера в зависимости от мощности разрабатываемого плодородного слоя почвы и марки бульдозера

$$\ell = \frac{(A - h_{\min} \operatorname{ctg} \alpha) h_{\min}}{m K_p}. \quad (3.6)$$

Анализ зависимости (3.6) показывает, что минимальная высота создаваемого временного навала почвы – 1,4–2,7 м при $E=1-4,6 \text{ м}^3$. При этом длина заходки бульдозера составляет 13–105 м при $m = 0,1-0,5 \text{ м}$.

Разработанная номограмма (рис. 3.4) позволяет осуществлять оперативное установление важных параметров технологической схемы – длины заходки бульдозера и высоты создаваемого временного навала в зависимости от вместимости ковша и радиуса черпания экскаватора, изменения мощности снимаемого плодородного слоя почвы.

Опережающее снятие плодородного слоя почвы с нарушаемых земель должно осуществляться с учетом особенностей ведения вскрышных и отвальных работ. При установлении величины опережения снятия плодородного слоя важное значение имеют интенсивность развития горных работ в плане и продолжительность сезона по снятию почвы.

Скорость подвигания фронта снятия плодородного слоя почвы зависит от вида применяемого выемочно-погрузочного оборудования и производственной мощности карьера. Это объясняется взаимозависимостью снятия плодородного слоя почвы и подвигания горных работ по вскрыше и отвалообразованию. Снятие плодородного слоя почвы должно производиться с учетом обеспечения подготовленной площади для бесперебойного ведения вскрышных работ и отсыпки отвала.

Снятие плодородного слоя почвы с нарушаемых земель осуществляется с применением различных технологических схем. Исследования по технологии снятия плодородного слоя почвы по-

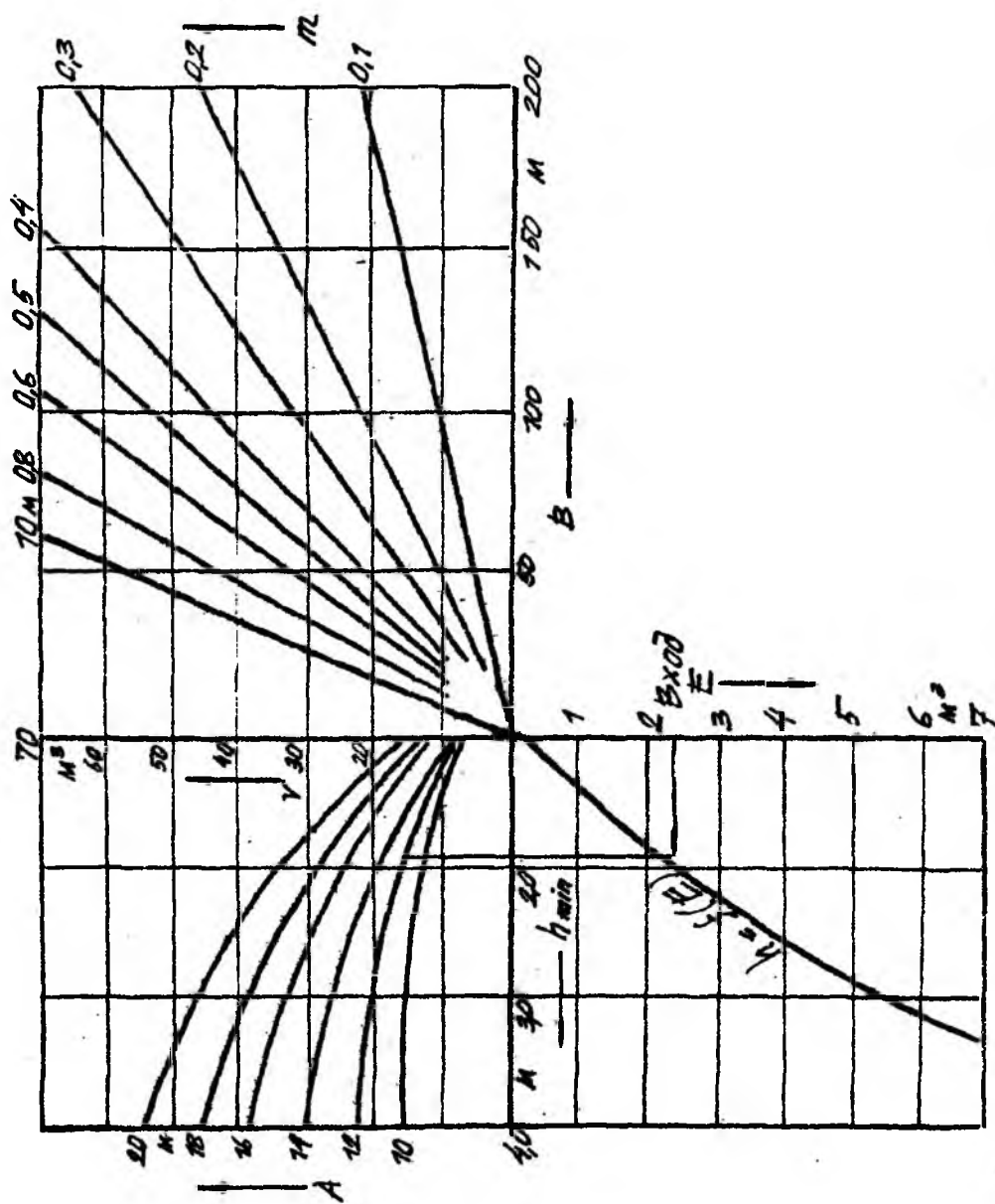


Рис.3.4. Номограмма для определения рациональной ширины заходки бульдозера

дования по технологии снятия плодородного слоя почвы показывают, что выполнение работ рациональными параметрами технологических схем повышает эффективность технической рекультивации. При этом рациональные параметры технологических схем его снятия должны обеспечить производительную работу применяемого оборудования при безопасном размещении основных горных машин и транспортных коммуникаций, силовых и осветительных линий, вспомогательного оборудования и т.д.

Ритмичное выполнение процессов ведения горных работ и снятия плодородного слоя почвы возможно при сохранении величины опережения между ними. Снятие плодородного слоя почвы с нарушаемых земель начинается до начала ведения горных работ на этих площадях. На начало вскрышных и отвальных работ должна соблюдаться принятая величина опережения снятия плодородного слоя почвы, соответствующая параметрам технологических схем применяемого оборудования. В этой связи можно констатировать, что величина опережения характеризует тесную взаимосвязь снятия плодородного слоя почвы и процессов ведения горных работ на верхнем вскрышном уступе и отвале.

Величина опережения снятия плодородного слоя почвы с площадей, отводимых под отвалы, при создании навала бульдозером для последующей погрузки его в автотранспорт мехлопатами определяется как (рис.3.5).

$$L_0 = R_K + C + \text{Ш}_{\text{п.ч}} + K + R_K + R_v + \ell_p + \ell_n, \quad (3.7)$$

где R_K - ширина зоны разлета кусков породы от нижней бровки откоса отвала, м; C - зазор между зоной разлета кусков породы и транспортной полосы, м ($C = 1,5-2,0$); $\text{Ш}_{\text{п.ч}}$ - ширина проезжей части, определяемая по габаритам подвижного состава и числом транспортных полос; K - зазор между кузовом экскаватора и транспортной полосой, м; R_K - радиус вращения кузова экскаватора, м; R_v - радиус черпания экскаватора, м; ℓ_p - резерв на сбой на работе; ℓ_n - длина навала снятого плодородного слоя почвы, м.

На величину опережения снятия плодородного слоя почвы с площади, отведенной под отвалы, влияет зона разлета кусков породы от нижней бровки откоса отвала. Расстояние разлета кусков зависит от характеристики и размеров пород, высоты и угла отко-

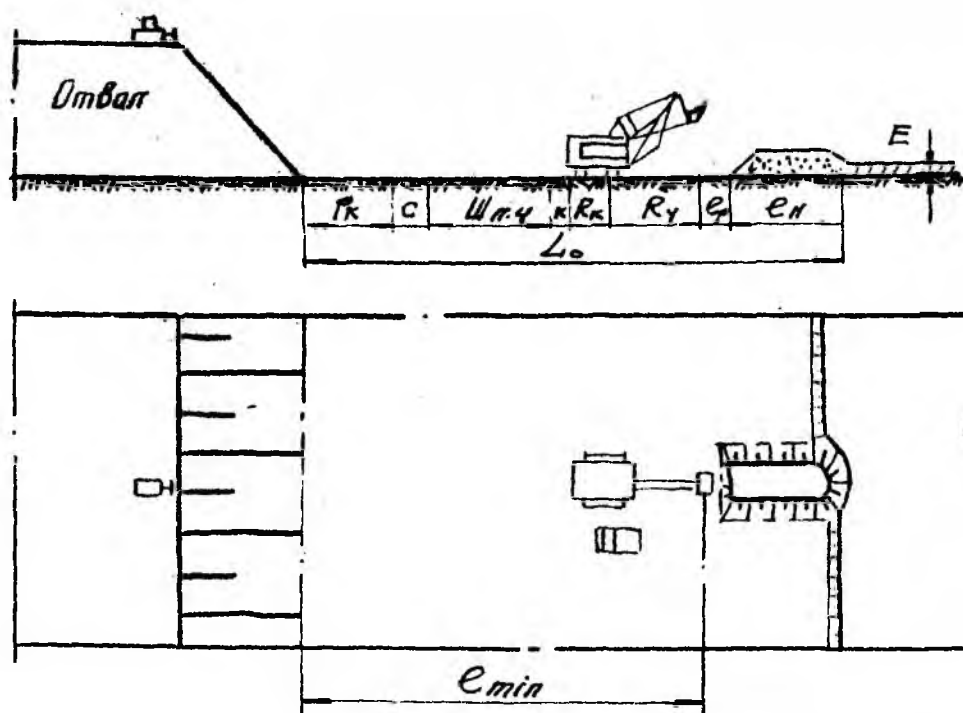


Рис.3.5. Схема к определению величины опережения снятия плодородного слоя с площади отвала

са отвала. При отвалообразовании разгружаемые с ковша или стал-
киваемые вниз бульдозером вскрышные породы образуют неровную
поверхность, которая влияет на движение породы по откосу. Наб-
людения показывают, что движение кусков породы по откосу име-
ет сложный характер, так как при падении они совершают сложное
движение до остановки, скользят, перекатываются, подпрыгивают
при ударе с другими движущимися кусками или большими выступами
шероховатой поверхности откоса. Следовательно, основными носи-
телями образования зоны разлета пород являются те куски, кото-
рые останавливаются на некотором расстоянии от нижней бровки от-
коса. При этом ширина зоны разлета кусков породы от нижней бров-
ки откоса отвала зависит от физико-механических свойств пород,
высоты и угла откоса яруса и устанавливается исходя из статис-
тических закономерностей движения отдельных пород при отвалооб-
разовании.

Определение расстояния разлета кусков по горизонтали от
нижней бровки откоса отвала при заданных его параметрах имеет
важное значение для установления величины опережения снятия

плодородного слоя почвы. Данную задачу невозможно решить однозначно на основании законов механики, даже рассматривая движение отдельных кусков. С другой стороны, этот процесс имеет статистический характер.

Для определения дальности разлета кусков породы при различных высотах отвалов можно использовать методику, программа которой предусматривает измерение угла наклона откоса и длины наклонной поверхности отвала, дальности падения кусков породы от нижней бровки отвала, размеров и массы упавших кусков породы, скорости движения отдельных кусков по поверхности отвала и характеристики пород. Пользуясь данными экспериментальных исследований по определению разлета кусков пород, можно прогнозировать ширину опасной зоны при ведении отвалообразования с разных высот и различными углами откосов. Величина опережения снятия плодородного слоя почвы относительно фронта отсыпки отвала должна определяться в зависимости от высоты нижнего отвального уступа, технологических схем и применяемого оборудования.

На рис.3.6 приведена зависимость величины опережения снятия плодородного слоя почвы от высоты яруса отсыпки отвала. Анализ показывает, что с увеличением высоты отсыпки яруса возрастает величина опережения снятия плодородного слоя почвы. При применении различного оборудования величина опережения снятия будет разной. Величина опережения снятия плодородного слоя почвы относительно фронта отвалообразования в зависимости от высоты отсыпки яруса на бокситовых карьерах изменяется от 30 до 36 м.

Величина опережения снятия плодородного слоя почвы с площади карьера складывается из ширины снятого навала ℓ_n , транспортной полосы T , гарантийного расстояния от нижней бровки отвала до транспортной полосы c , ширины полосы размещения выемочно-погрузочного оборудования $\ell_{e.n}$, ширины полосы безопасности Z и ширины резервной полосы ℓ_p , учитывающей неравномерность подвигания забоев

$$L_k = \ell_n + \ell_p + \ell_{e.n} + T + c + Z. \quad (3.8)$$

Ширина снятого навала плодородного слоя почвы определяется исходя из принятой производственной мощности карьера, производи-

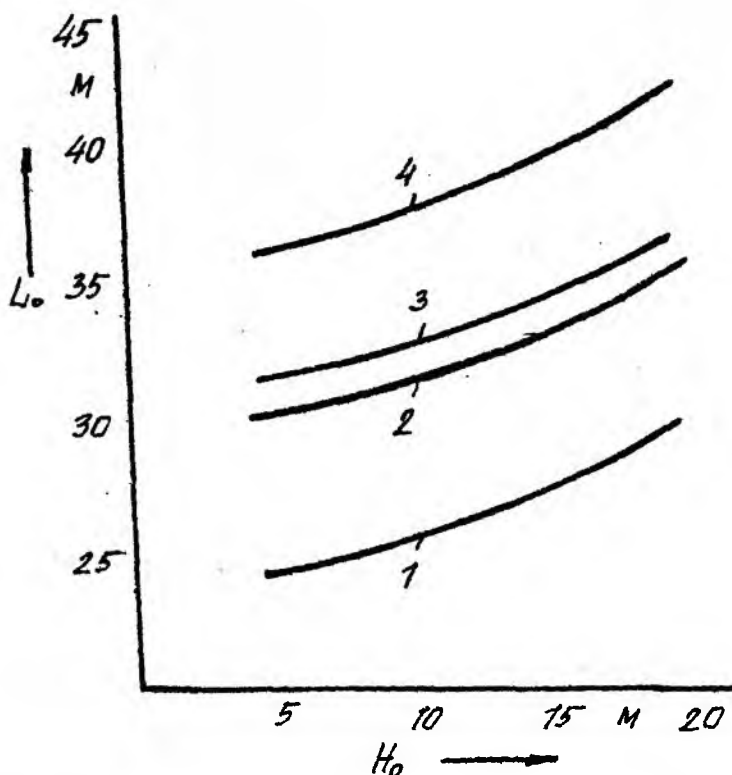


Рис. 3.6. Зависимость величины опережения снятия плодородного слоя от высоты вскрышного уступа: 1-4 - при емкости ковша экскаватора соответственно 1; 3,2; 4,6; 8 м³

тельности оборудования и направления горных работ. Расстояние от нижней бровки развала до транспортной полосы с обычно равняется 2-3 м.

На рис. 3.7 представлена зависимость величины опережения снятия плодородного слоя почвы от высоты верхнего вскрышного уступа при применении различных марок экскаваторов на погрузке почвы из навала. На бокситовых карьерах Казахстана наиболее широко применяются экскаваторы с емкостью ковша 1-3,2 м³. При этом величина опережения снятия плодородного слоя почвы относительно фронта верхнего вскрышного уступа изменяется от 26 до 31 м. Пользуясь графиком, можно определить величину опережения снятия плодородного слоя почвы с площади карьера при использовании различных комплексов оборудования циклического действия.

В случае остановки забоев необходимым условием для совместного выполнения процессов является соблюдение величины опе-

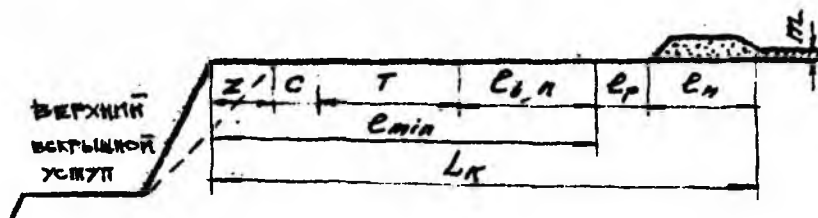


Рис.3.7. Схема к определению величины опережения снятия плодородного слоя с площади карьера

режения снятия плодородного слоя почвы относительно фронта горных работ на расстоянии L_{min} . Несоблюдение этого условия вызовет остановку фронта горных работ из-за уменьшения размеров площадок для нормального размещения оборудования, используемого при снятии плодородного слоя почвы.

Анализ практики снятия плодородного слоя почвы с нарушаемых земель показывает, что его разработка в основном осуществляется сезонно. В зимние месяцы не производят снятия плодородного слоя почвы из-за промерзания грунтов и малой мощности. При сезонном выполнении работ по снятию плодородного слоя почвы величина опережения должна определяться с учетом остановки процесса его снятия в зимнее время и скорости подвигания горных работ.

Месячная скорость подвигания фронта отвальных работ определяется из выражения

$$V_0 = \frac{Q \cdot K_{o.p}}{L_{o.p} \cdot H_0}, \quad (3.9)$$

где Q — производительность карьера по вскрытию, $m^3/мес$; $K_{o.p}$ — коэффициент остаточного разрыхления пород; $L_{o.p}$ — длина фронта отвальных работ, м; H_0 — высота отвала, м.

В общем случае годовая производительность карьера по горной массе должна быть равна плановому объему работ на уступе

$$A_{г.м} = A_y \cdot H_y \cdot L_{ф.г}, \quad (3.10)$$

где A_y — ширина заходки экскаватора с целику, м; H_y — высота уступа, м; $L_{ф.г}$ — длина фронта уступа, м/год.

Тогда необходимая годовая протяженность фронта уступа по карьеру, обеспечивающая выполнение плана, определяется как

$$L_{\varphi r} = \frac{A_{rм}}{A_y H_y} . \quad (3.11)$$

При планомерном ведении горных работ общая горизонтальная проекция рабочей зоны, где осуществляется удаление горной массы в течение года, определяется по формуле

$$S_{p.з.} = A_y L_{\varphi r} . \quad (3.12)$$

Величина опережения снятия плодородного слоя почвы, обеспечивающая нормальную работу карьера в зимний период, определяется по формуле

$$L_{c.o.} = v_r \cdot t + L_{min} , \quad (3.13)$$

где v_r - скорость подвигания горных работ в карьере, м/мес;
 t - продолжительность прекращения снятия плодородного слоя почвы, мес.

Все элементы величины опережения снятия предназначены для обеспечения нормального хода процесса выемки плодородного слоя почвы, ведения вскрышных работ на верхнем уступе карьера и отвалообразования. Увеличение величины опережения снятия плодородного слоя почвы на некоторую величину преждевременно нарушает земельную площадь горного отвода, что приводит к росту одновременно нарушенных земель на предприятии и не соответствует рациональному использованию земельных ресурсов. Поэтому определение оптимального объема создаваемого навала плодородного слоя почвы имеет важное значение при установлении опережения снятия почвенного слоя.

Таким образом, снятие плодородного слоя почвы с нарушаемых земель должно производиться с соблюдением принятой величины опережения для ритмичного выполнения процессов ведения горных работ на верхнем вскрышном уступе, отвале и выемки почвы. Величина опережения снятия плодородного слоя почвы определяется в зависимости от применяемых технологических схем и оборудования. Минимальная величина опережения снятия плодородного слоя почвы с площади карьера (см. рис. 3.7) составляет 25-40 м при изменении высоты уступа от 5 до 30 м, а с площади отвального отвода (рис. 3.8) - 24-38 м при изменении высоты отвального уступа от 5 до 20 м.

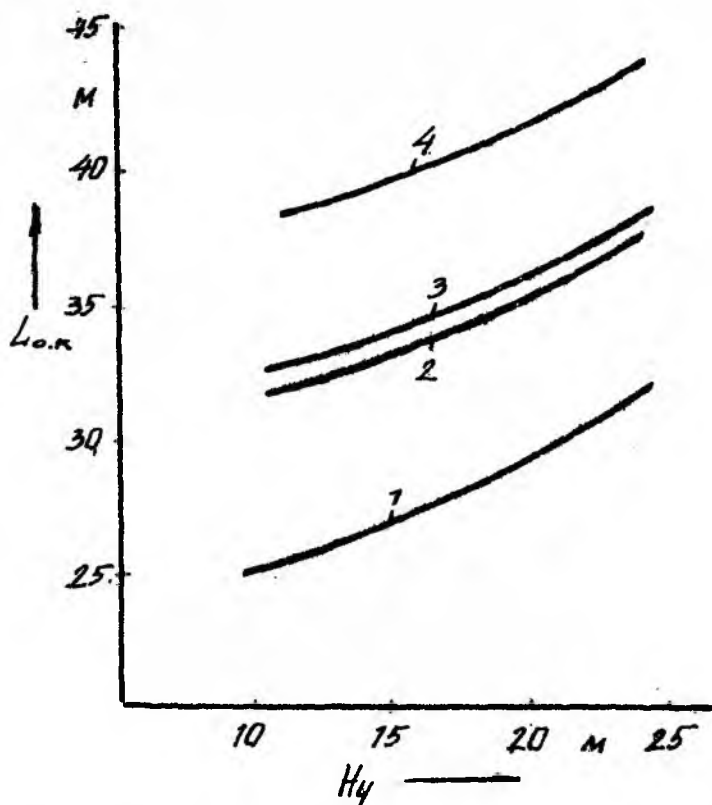


Рис. 3.8. Зависимость величины опережения снятия плодородного слоя почвы от высоты отвала: 1-4 - при емкости ковша экскаватора

3.3. Обоснование местоположения временных складов плодородного слоя почвы

Развитию горных работ на карьерном поле и отвалообразованию также предшествует размещение во временных складах снятого плодородного слоя почвы с нарушаемых земель. В соответствии с требованиями основ земельного законодательства места расположения отвалов вскрышных пород выбираются на непригодных для сельского хозяйства землях: в балках, оврагах, ущельях, на косогорах, в старых карьерах и выработках, на заболоченных площадях и пустырях. Однако такие места часто оказываются на значительных расстояниях от карьеров и поэтому перемещение вскрышных пород в отвал приводит к росту транспортных расходов. При выполнении технической рекультивации плодородный слой подлежит временному хранению до подготовки рекультивируемых поверхностей к его нанесению. К хранению плодородного слоя почвы предъявля-

ются специфические требования по сохранению его свойств и технологии горных работ. Использование оврагов и косогоров для складирования почвенного слоя может привести к смыву его поверхностными водами и к тому же создаются неудобства при повторной погрузке. В связи с этим решение задачи по размещению временных складов плодородного слоя почвы имеет важное значение при рекультивационных работах.

В целях сохранения оптимальных физико-химических свойств почвы высота временных складов не должна превышать 5-10 м. При большей высоте микробиологическая деятельность в почве затухает, она переуплотняется и свойства ее резко ухудшаются. Для защиты от водной и ветровой эрозии временные склады плодородного слоя почвы должны засеваться одно- и многолетними травами.

Складирование плодородного слоя почвы в зависимости от применяемой системы разработки может производиться в пределах площадей, отведенных под карьеры и отвалы, и за контурами горных работ. Однако хранение плодородного слоя почвы в пределах контуров карьера и отвальной площади зависит от взаимосвязи горных и рекультивационных работ во времени и пространстве. Для карьеров с небольшими параметрами в плане наиболее приемлемы случаи размещения временных складов плодородного слоя почвы за пределами контуров ведения горных работ.

При обосновании местоположения временных складов плодородного слоя почвы при технической рекультивации должны учитываться факторы, влияющие на эффективность восстановления нарушенных земель и физико-механических свойств почвы. Рациональное планирование технической рекультивации предполагает определение таких вариантов размещения временных складов плодородного слоя, при которых полностью удовлетворяются заданные потребности в почве рекультивируемых площадей при минимальных суммарных затратах на транспортирование и временное отчуждение земель под склады. При выборе местоположения временных складов плодородного слоя почвы необходимо учитывать следующее: 1) по возможности занимать непригодные и малопригодные для сельского хозяйства площади; 2) предназначенные места должны иметь благоприятные условия для повторной погрузки плодородного слоя почвы; 3) места временных складов должны располагаться с учетом конфигура-

ции горного отвода и взаимного размещения рекультивируемых отвалов; 4) склады почв должны размещаться на сухих участках и не подвергаться действию поверхностных и подпочвенных вод.

Для выполнения этих условий временные склады приходится располагать на различных расстояниях от места выемки и укладки плодородного слоя почвы. В этой связи выбор рационального варианта размещения таких складов на техническом этапе рекультивации должен производиться на основе сравнения возможных вариантов их расположения.

Для формирования экономико-математической модели выбора местоположения временных складов плодородного слоя почвы введем переменные: X_j - равная единице, если принимается j -й вариант размещения временных складов плодородного слоя почвы, и нулю в противном случае; Y_{iju} - указывающая объем плодородного слоя почвы, перевозимого из i -го временного склада до u -го рекультивируемого отвала в j -м варианте.

Рациональный вариант размещения временных складов плодородного слоя почвы при технической рекультивации предлагается определять по минимуму целевой функции, учитывающей затраты на транспортирование почвы от места выемки до временных складов и от последних до рекультивируемых поверхностей, а также ущерб от временного изъятия земли под временные склады

$$F(x,y) = \sum_{j=1}^n 3_j X_j + c \sum_{i=1}^m \sum_{u=1}^K l_{iu} Y_{iju} + \sum_{j=1}^n f_j(T) X_j \rightarrow \min \quad (3.14)$$

при выполнении следующих условий:

$$\sum_{u=1}^K Y_{iju} = V_{ij} X_j, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (3.15)$$

$$\sum_{i=1}^m Y_{iju} = V_u, \quad u = \overline{1, K}, \quad (3.16)$$

$$\sum_{j=1}^n X_j = 1, \quad (3.17)$$

$$Y_{iju} \geq 0, \quad (3.18)$$

$$0 \leq X_j \leq 1, \quad X_j - \text{целые}, \quad (3.19)$$

где $З_j$ - затраты на транспортирование плодородного слоя почвы от места выемки до временных складов в j -м варианте, руб.; ℓ_{ij} - средневзвешенное расстояние транспортирования плодородного слоя почвы от i -го временного склада до j -го рекультивируемого отвала, км; c - затраты на транспортирование плодородного слоя почвы, руб./м³·км; V_{ij} - объем плодородного слоя почвы, имеющегося в i -м временном складе, в j -м варианте, м³; V_i - потребности рекультивируемых отвалов в плодородном слое почвы, м³; $f_i(T)$ - ущерб от изъятия земли под временные склады за время T , руб.; n - число вариантов размещения временных складов плодородного слоя почвы; m - количество временных складов плодородного слоя почвы; k - число рекультивируемых отвалов.

Затраты на транспортирование плодородного слоя почвы от места выемки до временных складов определяется так

$$З_j = V_{ij} \ell_{ij} c, \quad (3.20)$$

где V_{ij} - объем плодородного слоя почвы, перевозимого от места выемки до i -го временного склада в j -м варианте, м³; ℓ_{ij} - расстояние перемещения плодородного слоя почвы от места выемки до i -го временного склада в j -м варианте, км.

Экономический ущерб от изъятия земель под временные склады плодородного слоя почвы определяется по формуле

$$f_i(T) = S_i \cdot \Pi \cdot T, \quad (3.21)$$

где S_i - площадь земли, занятая под i -й временный склад, га; Π - ценность 1 га занятой земли под временные склады почвы, руб.; T - срок оценки земли, годы.

Продолжительность периода, в течение которого должна производиться оплата, принимается не больше срока хранения плодородного слоя в данном складе. При проектировании этот период не должен превышать срока, определяемого допустимой потребностью оценки 12-15 лет. Первоначальная ценность земель определяется средним годовым доходом с 1 га. Годовой доход колеблется от 50-150 до 500-1000 руб./га. Для практических расчетов рекомендуется принимать стоимость 1 га земель $\Pi = 50-220$ руб.

Объем плодородного слоя почвы, складываемого во временном

складе, определяется исходя из размеров неиспользуемых площадей земельного отвода и потребности в почвенном слое близлежащих рекультивируемых поверхностей отвалов.

Представленная экономико-математическая модель (3.14)–(3.19) является частично-целочисленной и может быть решена одним из существующих методов. Для реализации задачи на ЭВМ составлен алгоритм, при разработке которого использовалась специфика сформулированной задачи. Если принять какую-нибудь переменную $X_{j*} = 1$, $X_{j'} = 0$ $/j' = j^*$, то задача (3.14)–(3.19) для выбранного j -го варианта превращается в обыкновенную транспортную задачу.

Разработанная методика позволяет более точно построить экономико-математическую модель с учетом наиболее существенных факторов, влияющих на выбор местоположения временных складов плодородного слоя почвы при технической рекультивации.

Нахождение рационального варианта местоположения временных складов плодородного слоя почвы производилось для условий карьера № I Белинского рудника Краснооктябрьского бокситового месторождения.

Рельеф данной местности носит равнинный характер. Поверхность безлесая со значительным количеством впадин, занятых озерами и болотами небольшой глубины. С точки зрения инженерно-геологического строения район представлен четвертичными отложениями мощностью от 2 до 8 м. По литологическому составу четвертичные отложения состоят в основном из суглинков и глин полутвердой и твердой консистенции, реже – из супесей и песков. Для района характерно распространение засоленных грунтов, переходящих иногда в понижения рельефа в солонцы и солончаки. Грунтовые воды залегают, как правило, на глубине 3 м и лишь в отдельных понижениях рельефа приближаются к дневной поверхности. Глубина промерзания почвы зимой составляет 2–2,2 м. На нарушаемых землях земельного отвода совместно с сотрудниками Уральского государственного университета были проведены полевые обследования и специальные изыскания по определению характеристики раскисляемости ключевых участков. В результате обработки образцов почв и горных пород определены мощности снимаемого плодородного слоя почвы и их пригодность для биологической рекультивации.

Рекультивируемыми поверхностями на карьере являются два автоотвала и два отвала, отсыпаемых по бестранспортной схеме. Объем плодородного слоя почвы на нарушаемых землях земельного отвода карьера составляет 840 тыс. м³. Данного количества объема достаточно для нанесения на рекультивируемые поверхности плодородного слоя почвы мощностью 0,4 м, что соответствует принятому направлению рекультивации. На начало строительства рудника и ведения вскрышных работ на карьере отсутствуют подготовленные поверхности отвалов к нанесению плодородного слоя почвы. Поэтому проектом при обработке карьера принято складирование плодородного слоя почвы в одном временном складе.

Исходя из возможности складирования плодородного слоя почвы при выполнении технического этапа рекультивации и с учетом потребностей рекультивируемых поверхностей плодородных отвалов в нем мы сравнивали следующие варианты размещения временных складов: использование проектного временного склада для хранения плодородного слоя почвы; складирование плодородного слоя почвы на двух складах с последующей транспортировкой его до рекультивируемой поверхности; транспортировка снятого плодородного слоя почвы до трех временных складов с последующей вывозкой его до рекультивируемых породных отвалов.

Анализ полученных результатов показывает, что затраты при различных вариантах расположения временных складов плодородного слоя почвы по сравнению с размещением его в одном складе уменьшаются на 9,7–18,1%. Поэтому выбор рационального местоположения временных складов должен определяться с учетом конфигурации земельного отвода, расположения рекультивируемых поверхностей отвала и имеющейся площади для временного складирования плодородного слоя почвы при выполнении технического этапа рекультивации.

Таким образом, сравнительная оценка вариантов размещения временных складов плодородного слоя почвы показывает, что минимальные транспортные затраты на перемещение почвы от места вземки до временного склада и затем до рекультивируемых поверхностей будут при варианте расположения их в трех местах. Уточнение числа, местоположения и параметров временных складов почвы плодородного слоя с использованием методов математическо-

го программирования позволяет на 5-15% снизить эксплуатационные затраты на транспортирование почвы.

3.4. Проведение горно-планировочных работ на отвалах

Важным этапом в комплексе работ по рекультивации является планировка поверхности отвалов, так как на ее долю приходится значительная часть затрат технического этапа.

Рельеф поверхности отвала после отсыпки и усадки обычно не пригоден для непосредственной укладки плодородного слоя почвы. Поэтому после нивелирования поверхности отсыпанных отвалов определяются сроки проведения горно-планировочных работ по рекультивируемой площади.

Вид горно-планировочных работ предопределяется характером последующего освоения. Сплошная планировка поверхности отвалов выполняется в основном для сельскохозяйственного освоения, а частичная производится на отвалах пород, подготавливаемых под посадку леса механизированным способом. Наибольший объем горно-планировочных работ необходимо выполнять при сплошной планировке отвалов, наименьший - при грубой. При создании на рекультивируемых площадях сельскохозяйственных угодий основным требованием, предъявляемым к горному предприятию, является тщательное выравнивание поверхности. Приведение поверхности отвала к состоянию, соответствующему условиям рекультивации, требует выполнения горно-планировочных работ, которые должны быть предусмотрены проектом.

Объем горно-планировочных работ определяется в зависимости от неровности поверхности отвала и характеризуется количеством перемещаемой горной массы и расстоянием ее транспортирования по поверхности отвала. Перемещаемые породы целесообразно использовать для заполнения просадок и неровностей, образующихся из-за неравномерной усадки отвала.

При проведении горно-планировочных работ на отвалах вовлекается значительное количество машин и механизмов, бульдозеров, скреперов, экскаваторов. Технология проведения горно-планировочных работ на рекультивируемой поверхности должна отвечать современным требованиям технологии выполнения этих работ.

Распределение горной массы при проведении горно-планировочных работ по рекультивируемой поверхности представляет со-

бой задачу на оптимизацию. Она может быть решена современными математическими методами, в частности методами линейного программирования.

При решении задачи на оптимизацию необходим точный подсчет объема перемещаемых горных масс. Для решения вопросов проведения горно-планировочных работ на отвалах используется план рекультивируемой поверхности отвала с нанесенной на него сеткой квадратов, которая служит для подсчета объема горной массы и учета выполненных работ. В условиях проведения планировки отвала сторона сетки квадратов может составлять 10–15 м в зависимости от характера образования гребней и впадин на рекультивируемой поверхности. При этом вершины прямоугольников используются как сеть нивелирных точек. По данным нивелирования составляется план поверхности отвала с изображением рельефа, необходимого для выбора оптимального варианта горно-планировочных работ. По плану подсчитываются объемы горно-планировочных работ по каждому квадрату. Такой подсчет позволяет определить порядок организации, срок проведения, стоимость всей работы и выбрать способ их выполнения, тип и мощность применяемых машин. Объемы породы, сосредоточенные в квадратах, рассматриваются как гребни и впадины, что облегчает использование теории линейного программирования при решении задачи проведения горно-планировочных работ. Методами линейного программирования при планировке поверхностей возможно снизить объемы работ на 15–18%.

Технико-экономическими параметрами горно-планировочных работ являются объемы гребней и впадин v_i , а также расстояние перемещения горных масс.

Математически эти параметры представляют аргументы функции: частный объем

$$v_i = f_i(\sum h), \quad (3.22)$$

где $\sum h$ – сумма рабочих отметок в вершинах квадратов, м.

Суммарная работа по перемещению горной массы из квадрата гребней в квадраты впадин

$$W = f_2(\sum v_i l_i). \quad (3.23)$$

Средневзвешенная дальность перемещения горной массы

$$L_{\text{ср.в.}} = f_3(W) = f_3[f_2(\sum v_i l_i)]. \quad (3.24)$$

Минимальная суммарная работа

$$W_{\text{min}} = f_{4\text{min}}[f_2(\sum v_i l_i)]. \quad (3.25)$$

Как видно из приведенных формул, основным аргументом всех функций являются частные объемы и расстояние перемещения горной массы.

Средняя дальность перемещения $L_{\text{ср.в.}}$ определяется как расстояние между двумя точками по их координатам.

$$L_{\text{ср.в.}} = \sqrt{(X_r - X_e)^2 + (Y_r - Y_e)^2}, \quad (3.26)$$

где X_r, Y_r - координаты центра тяжести гребней, м; X_e, Y_e - координаты центра тяжести впадин, м.

При выполнении планировки с нулевым балансом земляных работ средняя отметка планируемого участка определяется как

$$H_0 = \frac{4 \sum h_i + 2 \sum h'_i + \sum h''_i}{4p}, \quad (3.27)$$

где $h_1, h_2, \dots, h_i$ - отметки вершин квадратов, лежащих внутри контура планируемого участка; $h'_1, h'_2, \dots, h'_i$ - отметки вершин квадратов, расположенных по контуру участка, за исключением $h''_1, h''_2, h''_3, h''_4$ - вершин углов планируемого участка, м; p - число квадратов планируемого участка.

Объем горно-планировочных работ по любому квадрату равен

$$v_i = S \left[\frac{1}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) - H_0 \right], \quad (3.28)$$

где h_1, h_2, h_3, h_4 - рабочие отметки вершин квадрата, м; S - площадь квадрата, м².

Целью нахождения рациональной организации горно-планировочных работ на рекультивируемой поверхности отвала является обеспечение минимума затрат на перемещение горной массы. Для этого проведение горно-планировочных работ рассматривается как транспортная задача, решение которой осуществляется методом линейного программирования.

Поверхность отвала после просадки имеет m гребней, рас-

средоточенных на планируемом участке, и n впадин, которые необходимо заполнить. Каждая из впадин нуждается в заполнении объема β_j ($j = \overline{1, n}$), а каждый из гребней имеет объем α_i ($i = \overline{1, m}$), который необходимо переместить.

Обозначим через X_{ij} объем перемещаемой горной массы, запланированной к перемещению от i -го гребня к j -й впадине, а через C_{ij} - стоимость перемещения. Тогда стоимость перемещения всего объема горно-планировочных работ выразится двойной суммой

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij}. \quad (3.29)$$

Система ограничений получится из следующих условий задачи:

а) объемы гребней должны быть срезаны, т.е.

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = \alpha_i \quad (i = \overline{1, m}); \quad (3.30)$$

б) впадины должны быть заполнены до проектной отметки

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = \beta_j \quad (j = \overline{1, n}). \quad (3.31)$$

Рассмотрим решение примера рационального перемещения горной массы при планировке рекультивируемой поверхности отвала. Составлена матрица (табл.3.1), где C_{ij} - расстояние от центра каждого i -го гребня до j -й впадины.

Т а б л и ц а 3.1. Объемы работ и расстояние между гребнями и впадинами

Гребни, впадины	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	Объемы гребней, м ³
Γ_1	60	86	136	190	135	170	217	324
Γ_2	85	60	85	135	120	135	170	324
Γ_3	135	85	60	85	135	120	135	325
Γ_4	190	135	85	60	170	135	120	936
Γ_5	120	135	170	217	85	135	190	2196
Γ_6	135	120	135	170	60	85	135	864
Γ_7	170	135	120	135	85	60	85	144
Γ_8	117	170	135	120	135	85	60	1476
Γ_9	180	190	217	255	60	120	180	864
Объемы впадин, м ³	1044	1296	1296	2016	324	324	1224	7524

Экономико-математическая модель рационального перемещения горной массы по рекультивируемой поверхности сводится к следующему:

найти такие перемещения X_{ij} , чтобы

$$\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^7 X_{ij} C_{ij} \rightarrow \min, \quad (3.32)$$

при условиях

$$\sum_{j=1}^7 X_{ij} = \alpha_i, \quad i = \overline{1, 9}, \quad (3.33)$$

$$\sum_{i=1}^9 X_{ij} = \beta_j, \quad j = \overline{1, 7}, \quad (3.34)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad (i = \overline{1, 9}, j = \overline{1, 7}). \quad (3.35)$$

В рассматриваемой задаче общий объем перемещаемой горной массы равен объему заполняемых впадин

$$\sum_{i=1}^9 \alpha_i = \sum_{j=1}^7 \beta_j. \quad (3.36)$$

Задача решается методом потенциалов. Этот метод состоит из конечного числа однотипных итераций, каждая из которых разбивается на два этапа. На первом этапе план, полученный в результате предыдущих итераций, проверяется на оптимальность. Если он удовлетворяет критерию оптимальности, то задача решена, если нет, то переходят ко второму этапу, где строится новый план перемещения горной массы. Для этого задаем систему чисел (U_i, V_j) — потенциалами, удовлетворяющими системе уравнений $V_j - U_i = C_{ij}$, только для тех клеток, где есть перемещения масс X_{ij} . Здесь U_i — потенциалы столбцов; V_j, U_i — потенциалы сторон, которые определяются из равенства

$$V_j = U_i + C_{ij}, \quad (3.37)$$

$$U_i = V_j - C_{ij}. \quad (3.38)$$

При условии

$$V_j - U_i - C_{ij} > 0 \quad (3.39)$$

план не оптимален, поэтому проверяются все свободные клетки на выполнение условий оптимальности

$$V_j - c_i - c_{ij} \leq 0. \quad (3.40)$$

Решение задачи перемещения горной массы по рекультивируемой поверхности методом потенциалов с использованием ЭВМ позволяет получить оптимальный вариант (табл.3.2). При этом сумма перемещаемых объемов, умноженных на расстояния, будет минимальна.

Т а б л и ц а 3.2. Распределение объемов из гребней к впадинам

Направления перемещения	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	Объемы гребней, м ³
Г ₁	324							324
Г ₂			396					396
Г ₃					324			324
Г ₄					936			936
Г ₅	720	1296	180					2196
Г ₆			720	144				864
Г ₇				144				144
Г ₈				468			1008	1476
Г ₉					324	324	216	864
Объем впадин, м ³	1044	1296	1296	2016	324	324	1224	7524

На основании найденного варианта рационального перемещения всей горной массы по поверхности отвала составляется паспорт производства горно-планировочных работ (рис.3.9). В нем указываются направление и объемы перемещаемых горных масс из гребней к впадинам и расстояние перемещения. Согласно паспорту, осуществляют производство планировки отвала выбранным видом оборудования.

На выбор вида оборудования при выполнении горно-планировочных работ прежде всего влияют размеры и степень усадки рекультивируемых участков, удельный объем работ на единицу площади, расстояние перемещения горной массы, мощность применяемых механизмов. Во всех случаях выбранные механизмы должны обеспечить заданную производительность по планировке отвалов.

При выборе оборудования для планировки поверхности отвалов

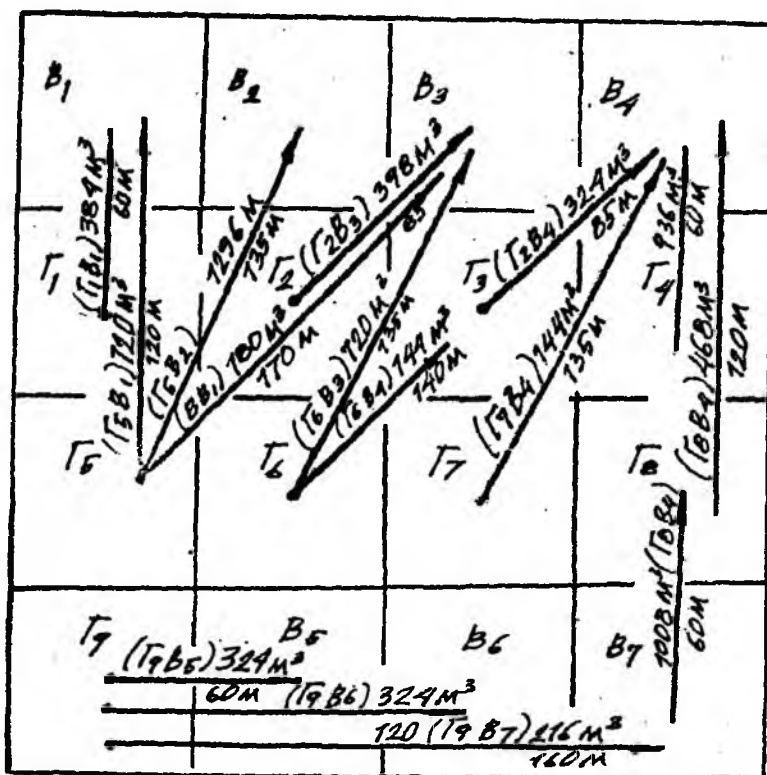


Рис. 3.9. Паспорт перемещения горной массы из рекультивируемой поверхности

необходимо учитывать крепость пород. Для многих пород возможно применение скреперов и грейдеров. При проведении горно-планировочных работ на крепких и скальных породах целесообразно применять различные марки бульдозеров.

Оценка эффективности и производства горно-планировочных работ на отвалах должна осуществляться системой расчетных измерителей, включающей показатели производительного использования оборудования, удельные затраты на перемещение горной массы, приобретение механизмов и оборудования, сроки окупаемости капитальных затрат и трудоемкость работ.

Поверхность рекультивируемых отсыпанных отвалов характеризуется степенью неравномерности уплотнения или удельным объемом горно-планировочных работ на единицу площади $\text{м}^3/\text{м}^2$. По данным [35], удельный объем горно-планировочных работ на экскаваторных и бульдозерных отвалах составляет соответственно 0,12

и $0,14 \text{ м}^3/\text{м}^2$. В данных условиях установление критерия оценки выполняемых работ по планировке отвалов имеет важное значение, так как от этого зависит правильность выбора инженерной оптимизации проведения горно-планировочных работ на отвалах.

Таким образом, выбор оборудования при выполнении горно-планировочных работ на отвалах предлагается производить по удельным приведенным затратам на планировку единицы площади

$$C_{\text{пр}} = C_i + E_H K_i, \quad (3.41)$$

где C_i – текущие затраты, приходящиеся на единицу планируемой площади за оцениваемый период, руб.; E_H – нормативный коэффициент экономической эффективности для предприятий цветной металлургии, равный 0,15; K_i – сумма капитальных затрат, соответствующая i -му варианту, руб.

Разработанная методика проведения горно-планировочных работ на отвалах обеспечивает рациональное перемещение горной массы по рекультивируемой поверхности с минимальными затратами при выполнении планировки отвалов перед укладкой плодородного слоя почвы.

3.5. Нанесение плодородного слоя почвы на рекультивируемую поверхность отвала

Завершающим этапом технической рекультивации является нанесение плодородного слоя почвы на рекультивируемую поверхность отвала. Почва наносится на подготовленную поверхность отвала после полной его усадки. При этом мощность наносимого плодородного слоя почвы зависит от выбранного направления рекультивации. На открытых разработках мощность его нанесения в зависимости от вида высаживаемых в последующем сельскохозяйственных культур составляет 0,1–0,5 м.

Доставка плодородного слоя почвы на рекультивируемую поверхность отвала осуществляется скреперами или автосамосвалами различной грузоподъемности непосредственно от места снятия или временного складирования почвы. При этом технология и организация рекультивационных работ предопределяются принятыми параметрами рекультивируемого отвала и вместимостью кузова транспортной единицы.

Объем плодородного слоя почвы, наносимого на рекультивируемую поверхность отвала, определяется так

$$V_n = S_p h_n; \quad (3.42)$$

где S_p - площадь рекультивируемой поверхности отвала, м^2 ;
 h_n - мощность нанесения плодородного слоя почвы, м.

Необходимое количество рейсов транспортной единицы для нанесения плодородного слоя на всей рекультивируемой площади определяется по выражению

$$N = V_n / V_k, \quad (3.43)$$

где V_k - вместимость кузова автосамосвала, м^3 .

Подставив значение V_n из (3.42) в (3.43), получим

$$N = S_p h_n / V_k. \quad (3.44)$$

Зная общее количество автосамосвалов (рис.3.10), разгружаемых на рекультивируемой поверхности, можно определить площадь $2L \times 2L$, которая покрывается плодородным слоем почвы за один рейс автосамосвала

$$4L^2 = S_p / N. \quad (3.45)$$

Тогда плодородный слой почвы должен распределяться от центра разгрузки на расстояние (рис.3.11)

$$L = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{S_p}{N}}. \quad (3.46)$$

Принимая во внимание формулу (3.44), нетрудно установить, что за один рейс автосамосвала рекультивируемая площадь покрывается плодородным слоем почвы от точки разгрузки до величины L в зависимости от вместимости его кузова и наносимой мощности почвы

$$L = 0,5 \sqrt{\frac{V_k}{h_n}}. \quad (3.47)$$

Плодородный слой почвы, доставляемый автосамосвалами с вместимостью кузова $2-24 \text{ м}^3$, покрывает пространство от $0,8$ до $7,8 \text{ м}$ в соответствии с уменьшением мощности наносимого плодородного слоя почвы от $0,7$ до $0,1 \text{ м}$.

При использовании автосамосвалов с вместимостью кузова $2-24 \text{ м}^3$ величина максимального распространения плодородного

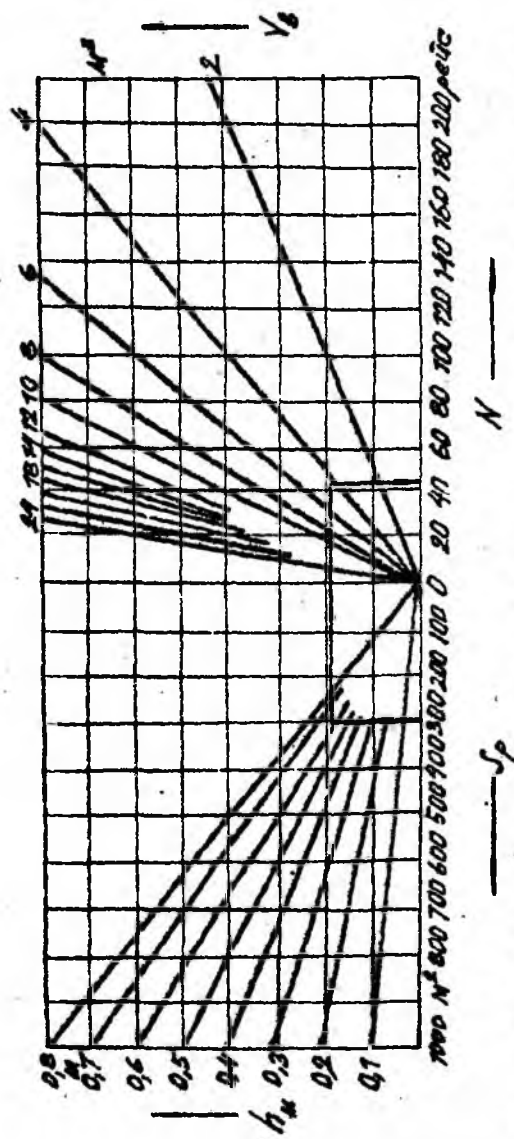


Рис. 3.10. График для определения количества рейсов в зависимости от размеров рекультивируемой площади, мощности нанесения плодородного слоя и вместимости транспортной единицы

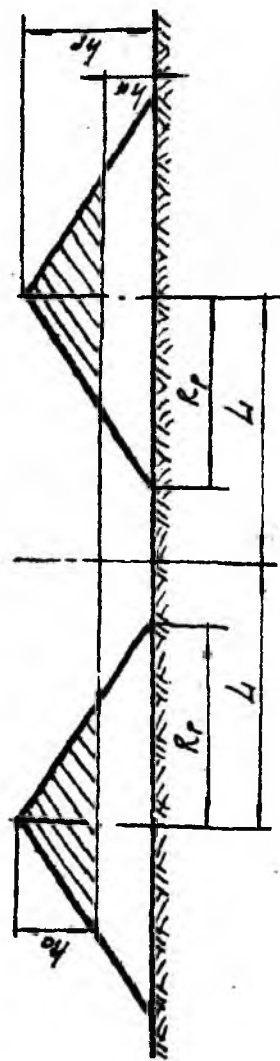


Рис. 3.11. Схема разгрузки плодородного слоя автосамосвалами

слоя почвы от центра разгрузки по короткой оси изменяется от 1,3 до 4,2 м с уменьшением угла естественного откоса навала почвы от 38° до 17° (рис. 3.12).

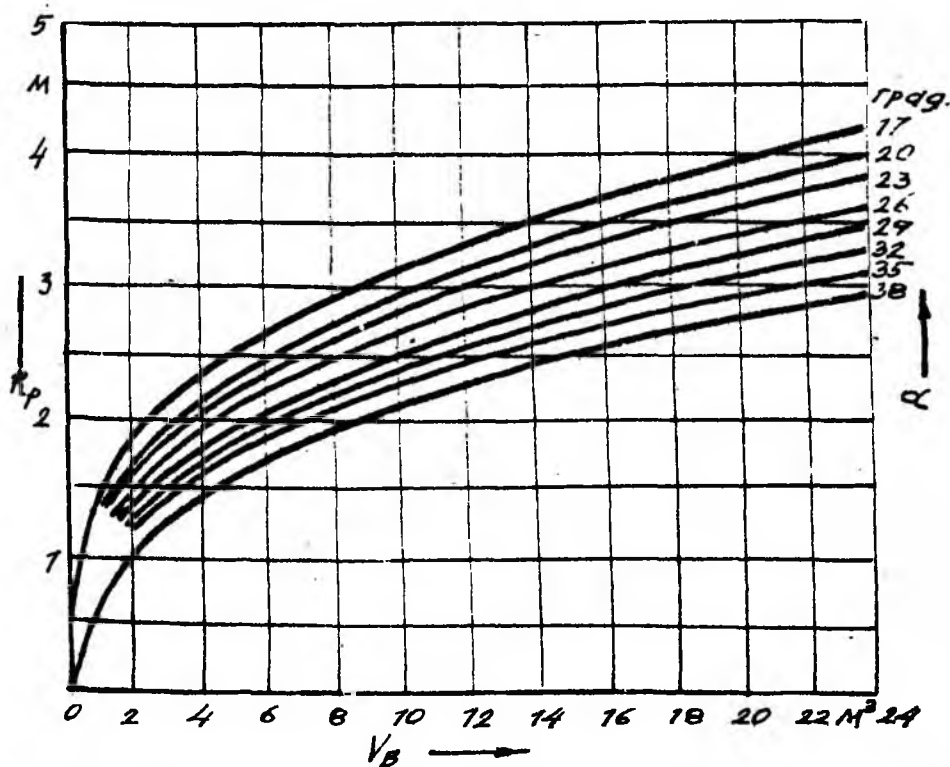


Рис. 3.12. График для определения величины развала плодородного слоя после разгрузки

После разгрузки из кузова автосамосвала плодородный слой почвы располагается в виде призмы определенной формы. Площадь основания навала в плане в основном зависит от разгруженного объема, ширины кузова автосамосвала и угла естественного откоса. При этом высота навала почвы плодородного слоя равна

$$h_p = R_p \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (3.48)$$

где R_p – расстояние от центра навала до края по его короткой оси, м.

В случае, если расстояние между осью навала почвы до края составляет 1–4 м, его высота изменяется от 0,30 до 3,20 м с увеличением угла естественного откоса почвы от 17° до 39° (рис. 3.13).

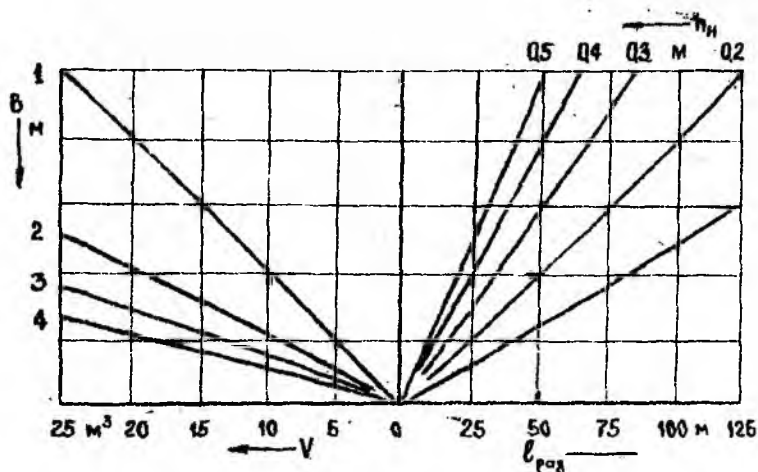


Рис. 3.13. График для определения длины разгрузки скрепера

Распространение почвы по длинной оси навала зависит в основном от ширины кузова автосамосвала. Так, при ширине кузова 0,5–4,0 м навал плодородного слоя почвы по длинной оси от центра разгрузки распространяется от 1,50 до 12,40 м с уменьшением угла естественного откоса навала от 39 до 21°.

Работы по нанесению плодородного слоя почвы на рекультивируемую поверхность отвала выполняются в следующей последовательности. В зависимости от запланированного размера рекультивируемой площади за определенный промежуток времени находится потребный объем плодородного слоя почвы с учетом мощности его нанесения. Затем определяется количество рейсов транспортной единицы в зависимости от вместимости его кузова, размера рекультивируемой площади и наносимой мощности плодородного слоя почвы. При этом пункты разгрузки автосамосвала по поверхности отвала должны определяться в соответствии с вместимостью его кузова и мощностью наносимого плодородного слоя почвы с учетом покрытия им рекультивируемой площади. Поэтому до нанесения плодородного слоя почвы рекультивируемая поверхность разбивается на квадраты, сторонами, равными $2L$. Пересечения вершин квадратов являются пунктами разгрузки автосамосвалов. Соблюдение этих условий обеспечит минимальные объемы горно-планировочных работ при планировке рекультивируемой поверхности отвала. Срезочная часть навала должна перемещаться на расстояние L от его оси. При

этом планировка почвенного слоя не представляет собой трудности из-за упрощения работ и сводится к его разравниванию по поверхности отвала. Для планировки почвы используются бульдозеры и автогрейдеры.

Срезка гребня навала почвы производится на величину

$$h_c = R_p \operatorname{tg} \alpha - h_n. \quad (3.49)$$

При использовании скреперов на укладке плодородного слоя почвы рекультивируемая площадь делится на участки, ширина которых равна длине пути их разгрузки. Поэтому нанесение плодородного слоя почвы с требуемой мощностью предполагает определение рациональной длины пути разгрузки скрепера в зависимости от его технических характеристик. При движении скрепера в зоне разгрузки по прямолинейной схеме движения она равна

$$l_p = V_c / b h_n, \quad (3.50)$$

где V_c — емкость ковша скрепера, м^3 ; b — ширина разгрузки, м.

Рациональная длина пути разгрузки (см. рис. 3.12) устанавливается для каждого типа скрепера и при разгрузке его в соответствии с ее значением обеспечивается минимальный объем горно-планировочных работ в процессе нанесения почвенного слоя на рекультивируемую поверхность отвала.

Плодородный слой почвы на подготовленную поверхность из потенциально плодородных почв наносится с отставанием, обеспечивающим безопасное ведение работ на основном ярусе отвала. Величина отставания нанесения почвы относительно фронта отвалообразования зависит от скорости подвигания и интенсивности стабилизации усадки отвала. Минимальная величина равна ширине отвальной площадки, а общая определяется с учетом ширины поверхности отвала, где происходит его усадка и осуществляются горно-планировочные работы.

Таким образом, рациональная технология нанесения плодородного слоя почвы на рекультивируемую поверхность отвала обеспечивается при условии выполнения работ в соответствии с размерами рекультивируемой площади, параметрами применяемого оборудования и наносимой мощностью почвы. Предложенная технология нанесения плодородного слоя почвы на рекультивируемую поверхность отвала позволяет уменьшить объемы горно-планировочных работ и улучшить организацию рекультивации нарушенных земель.

4. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ С УЧЕТОМ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

4.1. Установление высоты бульдозерных отвалов

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых с внешним отвалообразованием необходимым условием рационального землепользования является установление определенной высоты отвала. Важность данной задачи предопределяется тем, что она должна быть решена на стадии проектирования горных работ. От правильно обоснованной высоты отвала зависит его рациональная площадь. Рассмотрим установление высоты отвала при внешнем бульдозерном отвалообразовании для различных объемов складированных вскрышных пород при разработке месторождений полезных ископаемых малыми и средними карьерами. При бульдозерном отвалообразовании общая длина транспортирования вскрыши определяется так

$$L = l_n + l_e + l_o, \quad (4.1)$$

где l_n - расстояние транспортирования вскрышных пород по поверхности, м; l_e - расстояние транспортирования по въездам на отвал, м; l_o - средневзвешенное расстояние транспортирования вскрышных пород по отвалу, м.

Следует отметить, что расстояние транспортирования вскрышных пород по поверхности для различных вариантов складирования вскрыши постоянно и не влияет на высоту отвала. При изменении высоты отвала расстояние транспортирования вскрышных пород по въездам на его поверхность принимает различные значения, и применение автомобильного транспорта определяется из выражения

$$l_e = \frac{H_o K_y}{i}, \quad (4.2)$$

где H_o - высота отвала, м; K_y - коэффициент удлинения трассы; i - руководящий уклон пути ($i=0,080$).

Средневзвешенное расстояние транспортирования вскрышных пород по поверхности отвала круглой формы предлагается определить по формуле

$$L_c = 0,5 \left(\sqrt{\frac{V K_p}{\pi H_0}} - 0,5 H_0 \operatorname{ctg} \gamma \right). \quad (4.3)$$

Затраты на транспортирование складироваемых в отвал вскрышных пород в рублях при различной высоте отвала находятся из выражения

$$Z_r = \left[\frac{H_0 K_r}{i} + 0,5 \left(\sqrt{\frac{V K_p}{\pi H_0}} - 0,5 H_0 \operatorname{ctg} \gamma \right) \right] V C_T \gamma_n, \quad (4.4)$$

где C_T - затраты на транспортирование вскрыши, руб./т·км;
 γ_n - плотность вскрышных пород, т/м³.

Исследования показывают (рис.4.1), что затраты на транспортирование складироваемых вскрышных пород при минимальной высоте отвала достигают максимума. При размещении вскрышных пород в объеме 10-30 млн м³ минимальные затраты на транспортирование вскрыши приходятся на высоту отвала, равную 20 м. При возрастании объема складироваемых вскрышных пород в отвал до $H_0 = 30$ м затраты на транспортирование снижаются до минимума. Дальнейшее увеличение высоты отвала при возрастании объемов складироваемых вскрышных пород имеет тенденцию к росту затрат на транспортирование вскрыши.

При отвалообразовании в зависимости от высоты отвала происходит изменение размеров отводимых площадей под складирование породы. Поэтому установление значения рациональной высоты отвала только по затратам на транспортирование вскрыши является не полностью объективным и должно учитывать влияние всех факторов на технологию отвалообразования.

При открытом способе добычи полезных ископаемых в результате изъятия земель и их нарушения горными работами наносится определенный ущерб народному хозяйству. Нарушается ландшафт, земли становятся очагами эрозий и загрязнения атмосферы, воды, почвы окружающих земель, ухудшается гидрологический режим района и снижается урожайность сельскохозяйственных угодий. При изъятии земель, пригодных для сельского хозяйства, уменьшается выпуск валовой продукции. В связи с этим величину ущерба в рублях с учетом размеров отчуждаемых земель для складирования

* Затраты приведены в ценах до 1991 г.

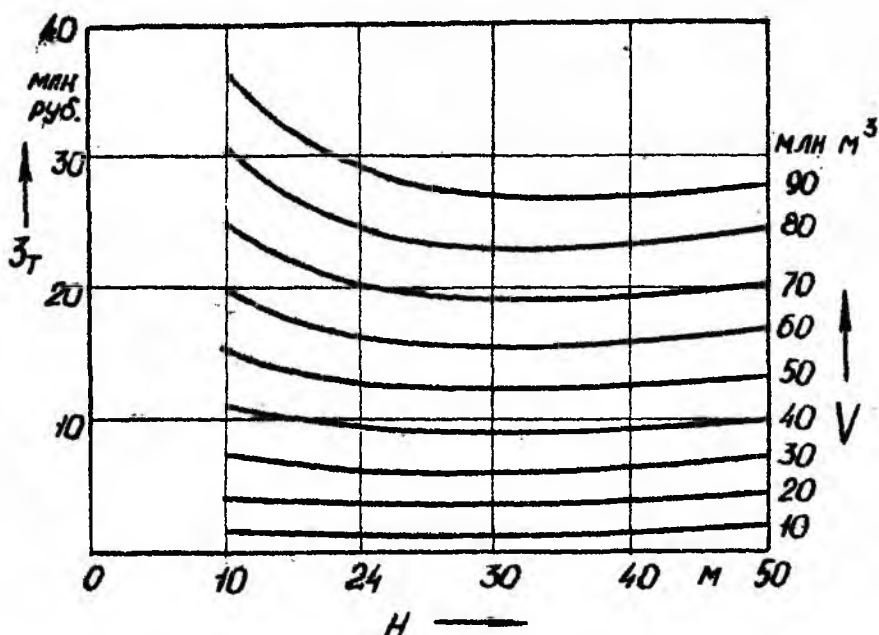


Рис. 4.1. Зависимость затрат на транспортирование от объемов вскрыши и высоты отвала

вскрышных пород в отвал круглой формы следует определять по формуле

$$Z_y = \pi \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H_0}} + 0.5 H_0 \operatorname{ctg} \alpha \right)^2 C_3, \quad (4.5)$$

где C_3 — ценность нарушаемых земель, руб./м².

Расчеты показывают (рис. 4.2), что при увеличении высоты отвала вследствие уменьшения размеров отводимых под отвалы земель снижается ущерб, наносимый народному хозяйству. Для уменьшения такого ущерба горным предприятиям выгодно увеличивать высоту отвала. Однако качество рекультивации высоких отвалов ухудшается, а подверженность их к эрозийным процессам возрастает. Поэтому, обобщенный анализ ущерба от изъятия земель не дает полной картины для установления рациональной высоты отвала.

Необходимость рекультивации нарушенных земель вызвана требованиями социально-экономического характера, так как восстановленные земли являются источниками пополнения земельных ресурсов для нужд народного хозяйства. Промышленные предприятия обязаны приводить нарушенные земли в состояние, пригодное для использования в народном хозяйстве. При этом рекультивация на-

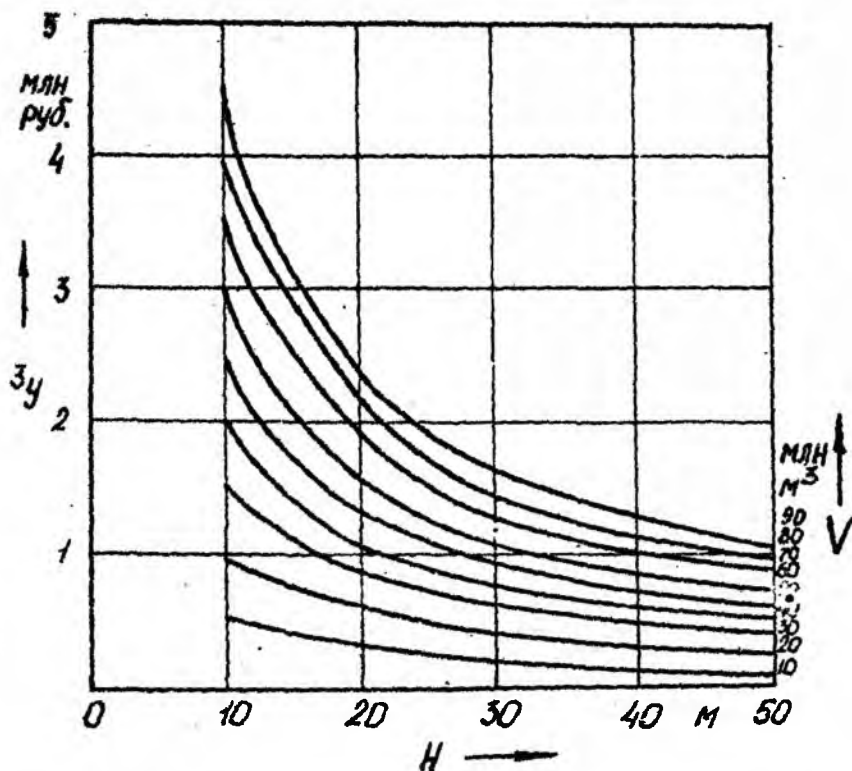


Рис. 4.2. Зависимость ущерба при изъятии земель от объемов складированной вскрыши и высоты отвала

рушенных земель осуществляется путем потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы. Рассмотрим влияние изменения высоты отвала при складировании различного объема вскрыши на величину затрат, связанных с рекультивацией нарушенной площади. Затраты на рекультивацию отвала круглой формы в рублях можно представить таким образом:

$$Z_p = \pi C_p \left(\sqrt{\frac{V K_p}{\pi H_0}} + 0,5 H_0 \operatorname{ctg} \gamma \right)^2, \quad (4.6)$$

где C_p - затраты на рекультивацию отвала, руб./м².

Из рис. 4.3 видно, что с увеличением объема складированных вскрышных пород возрастают затраты на рекультивацию нарушенных земель. Увеличение высоты отвала вызывает уменьшение затрат на рекультивационные работы из-за изъятия земель под отвалы в меньших размерах. Учет затрат лишь на рекультивацию при установлении высоты отвала не дает возможность установить ее рациональное значение. В этой связи обоснование рациональной высоты внеш-

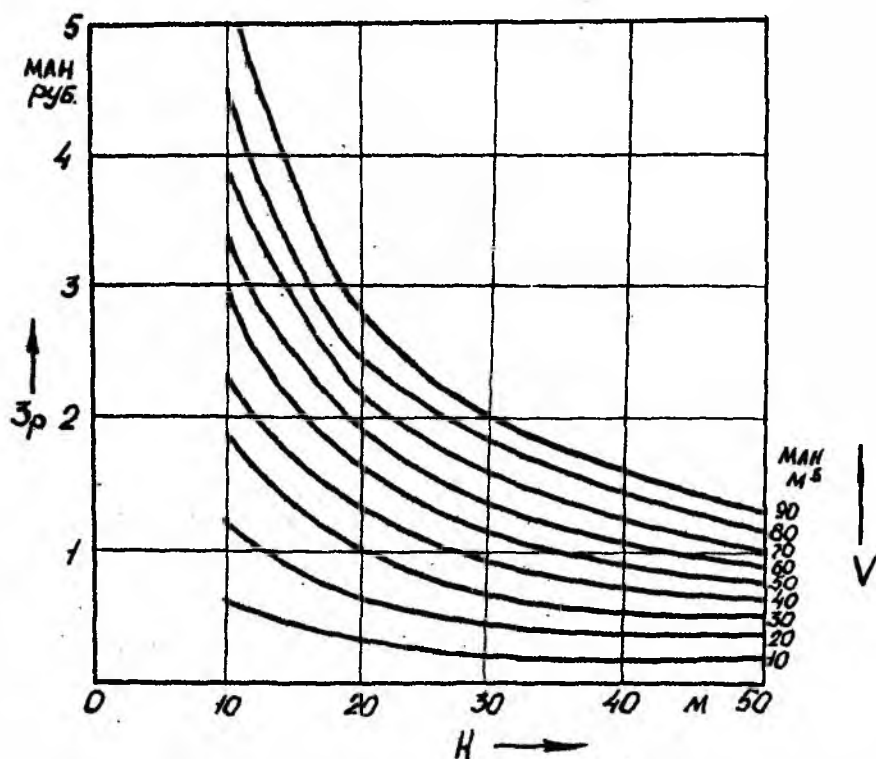


Рис. 4.3. Зависимость затрат на рекультивацию от объемов вскрыши и высоты отвала

них бульдозерных отвалов должно осуществляться в зависимости от факторов, влияющих на ее величину. Проблема рационального землепользования при открытой разработке месторождений полезных ископаемых имеет очень важное значение, так как анализ использования горных отвалов карьеров показывает, что более половины площади нарушенных земель приходится под внешние отвалы вскрышных пород и хвостохранилища.

Параметры внешних отвалов должны обеспечивать наибольшую эффективность использования площади горного отвода, т.е. складирования максимального объема вскрыши, что достигается за счет увеличения высоты отвалов до определенных пределов и придания ему такой формы, при которой обеспечивается минимальная земельность. Необходимость максимального использования земель в сочетании с дальнейшей тенденцией к снижению затрат на складирование вскрышных пород предопределяет новый подход к выбору рациональных параметров внешних отвалов с учетом всех влияющих

факторов. Как показали исследования, увеличение высоты отвала уменьшает размеры отводимых под отвалы земель. Однако такое увеличение вызывает в некоторой степени отставание рекультивационных работ. Это объясняется тем, что рекультивация высоких отвалов задерживается из-за увеличения сроков окончания отсыпки и подготовки поверхности к выполнению восстановительных работ. В этой связи при отсыпке высоких отвалов необходимо изыскать пути предотвращения отставания рекультивируемых площадей отвала. Значительное увеличение высоты отвала ухудшает климатические условия и его гидрологический режим, что затрудняет произрастание древесных и сельскохозяйственных культур на отвале без соответствующей системы мелиорации. Уменьшение отторгаемых земельных площадей под складирование вскрышных пород вследствие увеличения высоты отвала вызывает снижение ущерба от изъятия земель и затрат на рекультивацию нарушенных земель. Поэтому установление рациональной высоты отвала и отвальных ярусов при размещении определенного объема складированных вскрышных пород, обеспечивающей высокие технико-экономические показатели и отвечающей условиям рационального землепользования, требует совокупного учета в конкретных условиях ущерба от изъятия земель под отвалы, а также затрат на транспортирование вскрышных пород в отвалы и рекультивацию поверхности отвала.

Исходя из этих требований установление рациональной высоты отвала при складировании конкретного объема вскрышных пород предлагается производить по минимуму затрат

$$Z_0 = \left[\frac{H K_y}{i} + 0,5 \left(\sqrt{\frac{V K_e}{\pi H_0}} - 0,5 H_0 \operatorname{ctg} \alpha \right) \right] \sqrt{V K_e} + \pi \left(\sqrt{\frac{V K_e}{\pi H_0}} + 0,5 H_0 \operatorname{ctg} \alpha \right)^2 (C + C_1) \rightarrow \min. \quad (4.7)$$

Анализ проведенных исследований для условий малых и средних карьеров показывает, что при складировании 10–20 млн м³ вскрышных пород рациональная высота отвала колеблется в пределах 20–30 м (рис. 4.4). При возрастании объема складированных вскрышных пород от 20 до 90 млн м³ рациональные значения отвала находятся в пределах 30–40 м. При таких значениях достигается минимум затрат на его формирование. Однако высота отвала не

должна превышать значений, установленных путем прочностных свойств складированных пород и основания отвалов.

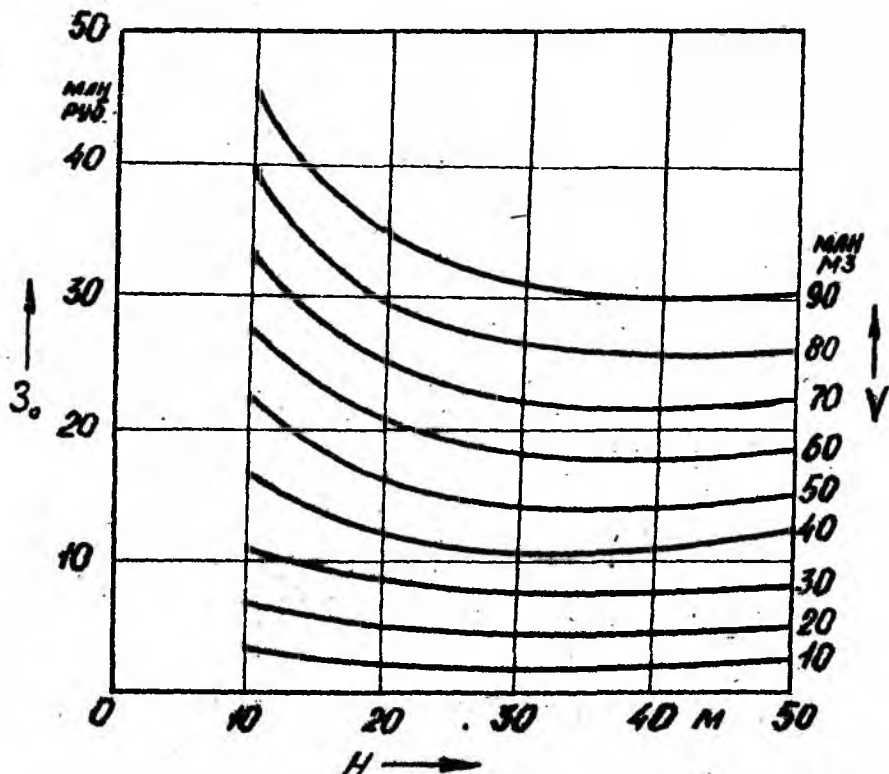


Рис. 4.4. Зависимость затрат на транспортирование, рекультивацию и ущерб при изъятии земель от объемов вскрыши и высоты отвала

Таким образом, установление рациональной высоты отвала для каждого конкретного случая должно обосновываться детальными технико-экономическими расчетами с учетом затрат на отчуждение земель, рекультивацию нарушенной площади и транспортирование вскрышных пород. Этим достигается повышение эффективности отвальных и рекультивационных работ на открытых разработках.

4.2. Обоснование параметров рекультивируемых и отторгаемых площадей при отсыпке экскаваторных отвалов*

Основная цель технического этапа рекультивации заключается в качественной подготовке для своевременного восстановления

*Параграф написан совместно с канд. техн. наук С. А. Назаровым.

и возвращения в народное хозяйство занятых отвалами земель. Для этого рекомендуемая технологическая схема технического этапа рекультивации должна рассматриваться в процессе динамического развития отвала. Рассмотрение динамики развития позволит установить по годам и этапам рекультивируемые и охороняемые площади отвала при эксплуатации карьера. Вышеизложенные положения служат основой разработки методических рекомендаций для расчета параметров внешних экскаваторных отвалов при железнодорожном транспорте с учетом рекультивации. Для этого введем следующие обозначения: V – общий объем пород, отсыпаемых в отвал, м^3 ; α – угол внешнего откоса яруса отвала с учетом рекультивации, град; β – угол естественного откоса пород, отсыпаемых во внутренние заходки отвала, град; h – высота яруса, м; H – высота отвала, м; $L_{\text{т.м.п.}}$ – допустимая длина рабочего тупика, м (по данным Гипроруды – 0,5–2 км);

a – минимальная ширина пионерной насыпи поверху, м; b – ширина заходки, отсыпаемой оборудованием, выполняющим отвалообразование, м; $V_{\text{вск}}(t)$ – объем вскрыши, поступающий на отвал, по годам за срок его существования, $\text{м}^3/\text{год}$; T – срок существования отвала, лет; Q_1 – производительность оборудования, строящего пионерные насыпи отвала, $\text{м}^3/\text{год}$; Q_2 – производительность оборудования, отсыпавшего последующие заходки отвала, $\text{м}^3/\text{год}$.

Исходя из этих обозначений определяют параметры пионерных насыпей

$$B_{\text{о.п.н.}} = a + h \operatorname{ctg} \alpha + h \operatorname{ctg} \beta, \quad (4.8)$$

$$S_{\text{с.п.н.}} = \frac{h}{2} (2a + h \operatorname{ctg} \alpha + h \operatorname{ctg} \beta), \quad (4.9)$$

$$S_{\text{с.з.}} = b h, \quad (4.10)$$

где $B_{\text{о.п.н.}}$ – ширина основания пионерной насыпи, м; $S_{\text{с.п.н.}}$ – площадь сечения пионерной насыпи, м^2 ; $S_{\text{с.з.}}$ – площадь сечения последующих заходов, м^2 .

Если в качестве оборудования, строящего пионерные насыпи принимаются драглаины типа ЭИ, то их необходимо проверить по условию

$$R_p^{\max} \geq B_{0.11} - B_c, \quad (4.11)$$

где $R_p^{\max}$ - максимальный радиус разгрузки, м; B_c - расстояние центра тяжести сечения пионерной насыпи от ее внутреннего края, м.

Далее определяется необходимое количество оборудования для формирования отвала исходя из поступающих из карьера годовых объемов вскрыши и подготовленности фронта работ оборудования, ведущего отвалообразование. Количество оборудования, предназначенного для пионерных насыпей, должно быть минимальным и в то же время обеспечивать фронт работ оборудования, находящегося на отвалообразовании. Таким образом, количество оборудования, участвующего в первом году строительства отвала, должно удовлетворять условию

$$L_{p n_1} n_1^t \geq L_{p n_2} n_2^t + 300 n_2^t, \quad (4.12)$$

где $L_{p n_1}$ - длина пионерной насыпи, укладываемой за год, n_1 видом оборудования, м/год; n_1^t - оборудование на строительстве пионерных насыпей, шт.; $L_{p n_2}$ - длина заходок, проходимая n_2 видом оборудования за год, м/год; n_2^t - оборудование на отвалообразовании, шт.; t - порядковый номер года работы; 300 - длина нерабочей части тупика, м.

Длина фронта, создаваемого одним экскаватором n_1 вида оборудования за год, определяется так

$$L_{p n_1} = \frac{Q_1}{S_{с.п.н.}}. \quad (4.13)$$

Длина заходок, проходимая за год n_2 видом оборудования, находится из выражения

$$L_{p n_2} = \frac{Q_2}{b h}. \quad (4.14)$$

Придавая n значения $1, 2, 3, \dots, N$, где $N = \frac{V_r(1)}{Q}$ шт., вычисляют необходимое количество оборудования, участвующего в отвалообразовании за первый год работы отвала,

$$n_2' = \frac{V_r(1) - Q_1 n_1^{(1)}}{Q_2}. \quad (4.15)$$

Полученный результат проверяют по условию (4.12). Если это условие не выполняется, то $n_1^{(1)}$ увеличивается на 1 и расчет повторяют по формуле (4.15), а если оно выполняется, то делается переход к расчету количества оборудования на второй год. Принимая $n_1^{(2)} = n_1^{(1)}$, т.е. приравняв количество оборудования на пионерных насыпях на начало второго года оборудованию первого года, рассчитывают число оборудования второго года

$$n_2^{(2)} = \frac{V_r(2) - Q_1 n_1^{(2)}}{Q_2} . \quad (4.16)$$

При этом расчетному количеству оборудования $n_2^{(2)}$ должен соответствовать подготовленный фронт работ $n_2^{(2)}$, т.е. необходимо условие

$$\frac{L_{\text{фронт}}(n_1^{(1)} + n_1^{(2)})}{n_2^{(2)}} \geq L_{\text{г. мин}} . \quad (4.17)$$

Если это условие не выполняется, то $n_1^{(2)}$ увеличивают на 1 и повторяют расчет по формуле (4.16), а если оно выполняется, то тогда рассчитывается оборудование на третий и последующие годы по формулам

$$n_1^{(t)} = n_1^{(2)} , \quad (4.18)$$

$$n_2^{(t)} = \frac{V_r(t) - Q_1 n_1^{(t)}}{Q_2} . \quad (4.19)$$

Строительство отвала в целях быстреего построения и сдачи под рекультивацию его боковой поверхности с малыми углами производится в последовательности, приведенной на рис. 4.5. Для построения пионерной насыпи на втором и последующих ярусах необходимо иметь достаточный фронт в блоках 2, 4, 5. По аналогии отсыпается все последующие ярусы отвала.

Для определения рекультивируемых площадей боковых поверхностей и верха отвала, а также отторгаемых отвалом площадей основания устанавливают параметры отвала для схемы с фланговыми периферийными пионерными насыпями при его одностороннем развитии (рис. 4.6).

Длина стороны отвала равна

$$L_{\text{отв}} = H \operatorname{ctg} \alpha + \sqrt{\frac{3V - H^3 \operatorname{ctg}^2 \alpha}{3H}} . \quad (4.20)$$

Площади основания отвала и его верхней части соответственно находятся как

$$S_{осн.отв} = L_{отв}^2, \quad (4.21)$$

$$S_{верх.отв} = (L_{отв} - H \operatorname{ctg} \alpha)^2, \quad (4.22)$$

а боковая поверхность отвала и каждого яруса определяется по формулам

$$S_{б.и.я.р} = \frac{3 L_{отв} h}{\sin \alpha}, \quad (4.23)$$

$$S_{б.п} = \sum_1^k S_{б.и.я.р}, \quad (4.24)$$

где k — количество ярусов на отвале.

Тогда общая площадь, подлежащая рекультивации, составит

$$S_{р.п} = S_{б.п} + S_{верх.отв}. \quad (4.25)$$

Для установления размеров технически рекультивированных поверхностей отвала и отторгаемых основанием площадей находят время T_i окончания строительства пионерной насыпи на i -м ярусе; площади рекультивации S_p и отторгаемые отвалом $S_{от}$ ($i = 1, k$).

Объемы пород, уложенных в отвал к моменту окончания строительства пионерной насыпи на i -м ярусе, определяют

$$V_{у.и.} = 3 L_{отв} [S_{с.п.и.} + (i-1)(\sigma + \rho_{с.п.и.})h]. \quad (4.26)$$

Тогда T_i находим из условия

$$V_{у.и.} = \sum_{t=1}^{T_i} V_r(t). \quad (4.27)$$

Соответственно за этот период

$$S_p = \frac{3h}{\sin \alpha} L_{отв.i}, \quad (4.28)$$

$$S_{от} = 3 L_{отв} [\rho_{с.п.и.} + (i-1)(\sigma + \rho_{с.п.и.})h]. \quad (4.29)$$

Проведя указанные выше расчеты, получаем распределение S_p и $S_{от}$ во времени от 0 до T_K , где T_K — время окончания строительства пионерной насыпи на последнем ярусе.

Исходя из того, что весь фронт отвальных работ в дальнейшем перемещается к центру всеми ярусами равномерно, рассчитаем S_p и $S_{от}$ до погашения отвала. При изменении времени отсыпки отвала от момента окончания формирования боковой поверхности T_K до T ежегодное приращение горнотехнически рекультивированных и отторгаемых площадей составит

$$S_{p.r} = \frac{S_{p.n} - S_{от.к}}{T - T_K}, \quad (4.30)$$

$$S_{от.r} = \frac{S_{осн.отв} - S_{от.к}}{T - T_K}. \quad (4.31)$$

Таким образом, проведя расчеты по этим рекомендациям, можно получить календарные планы технически рекультивированных и отторгаемых площадей внешних экскаваторных отвалов с фланговыми периферийными пионерными насыпями.

На непригодных площадях земель возможно отторжение площади для всего основания отвала сразу и, учитывая, что из всех приемлемых форм отвала наименьшую площадь при равных объемах имеет отвал с круглым основанием, для расчета необходимо принимать отвал в форме усеченного конуса.

Радиус верхнего основания отвала определяется как

$$r = \frac{-H \operatorname{ctg} \alpha + \sqrt{H^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha - 4 \left(\frac{H^2}{3} \operatorname{ctg}^2 \alpha - \frac{V}{\pi H} \right)}}{2}. \quad (4.32)$$

Зная r , можно определить радиус нижнего основания отвала

$$R = r + H \operatorname{ctg} \alpha. \quad (4.33)$$

Соответственно площади основания отвала и его верхней части составят

$$S_{осн.отв} = \pi R^2, \quad (4.34)$$

$$S_{верх.отв} = \pi r^2, \quad (4.35)$$

а боковая поверхность отвала и каждого яруса определяется из выражения

$$S_{b, i, \kappa} = 2\pi \int_{(i-1)h}^{ih} (R - ctg\alpha \cdot x) \sqrt{1 + ctg^2\alpha} dx \quad (4.36)$$

(i = 1, \bar{\kappa}),

где κ - количество ярусов на отвале,

$$S_{b, n} = \sum_{i=1}^{\kappa} S_{b, i, \kappa}. \quad (4.37)$$

Тогда общая площадь, подлежащая рекультивации,

$$S_p = S_{b, n} + S_{e, o}. \quad (4.38)$$

С момента начала строительства пионерной насыпи по предлагаемой кольцевой периферийной схеме можно получить технически подготовленные под рекультивацию боковые поверхности отвалов. По ним определяются время, необходимое для построения боковой поверхности первого яруса ($\kappa = 1$, $h_1 = h$), технически рекультивированная и занятая площадь основания отвала.

Объем пород, укладываемых в отвал на момент окончания строительства пионерной насыпи на κ -м ярусе в m^3 , равен

$$V_{y, \kappa, \kappa} = \frac{\pi h}{3} [R^3 + R(R - h_1 ctg\alpha) + (R - h_1 ctg\alpha)^2 - (R - h_1 ctg\alpha)(R - h_1 ctg\alpha - h_1 ctg\beta) - (R - h_1 ctg\alpha - h_1 ctg\beta)^2], \quad (4.39)$$

где h_1 - суммарная высота κ ярусов, м

$$(h_1 = h\kappa).$$

Время отсыпки t и $V_{y, \kappa, \kappa}$ определяются из условия

$$V_{y, \kappa, \kappa} = \sum_i V_r(t). \quad (4.40)$$

Площади, технически подготовленные под рекультивацию S_p и отторгаемые отвалом $S_{o, r}$, равны

$$S_p = \pi h_1 \frac{(2R - h_1 ctg\alpha)}{\sin\alpha}, \quad (4.41)$$

$$S_{o, r} = \pi [R^2 - (R - h_1 ctg\alpha - h_1 ctg\beta)^2]. \quad (4.42)$$

Величины S_p и S_r при строительстве пионерных насыпей на последующих ярусах ($k = 2, 3, \dots$) определяются по формулам (4.39)–(4.42).

Таким образом, устанавливаются параметры технически рекультивируемой боковой поверхности отвала и занятой на этот момент площади основания.

Для календарного планирования технического этапа рекультивации верха отвала исходим из предпосылки, что весь фронт отвальных работ в дальнейшем перемещается к центру всеми ярусами равномерно. При изменении времени отсыпки отвала от момента окончания формирования боковой поверхности t до погашения отвала T ежегодное приращение технически рекультивированных и отторгаемых площадей составит

$$S_{p,r} = \frac{S_{p,пог} - S_{бок}}{T - t}, \quad (4.43)$$

$$S_{от,r} = \frac{K(R - Hctg\alpha - Hctg\beta)^2}{T - t}. \quad (4.44)$$

Таким образом, путем расчетов по данной методике можно получить календарные планы рекультивированных и отторгаемых площадей внешних экскаваторных отвалов при кольцевой периферийной технологической схеме их развития.

4.3. Расчет параметров многократной перевалки вскрыши в прибортовые двухъярусные отвалы драглайнами

При разработке больших и глубокозалегающих залежей бокситовых месторождений верхние горизонты карьеров разрабатываются с многократной экскаваторной перевалкой вскрышных пород во внешние прибортовые отвалы. Разработка, перемещение и отсыпка вскрышных пород в отвалы осуществляются мощными драглайнами. Вскрышные породы перемещаются в промежуточных переэкскавируемых навалах. Число переэкскаваций пород вскрыши в навалах изменяется по каждой вскрышной заходке и зависит от параметров разрабатываемого участка, вскрышной заходки, отсыпаемого отвала и применяемого оборудования.

Возможны различные схемы заполнения тела отвала вскрышными породами. Условно тело двухъярусного отвала можно разделить

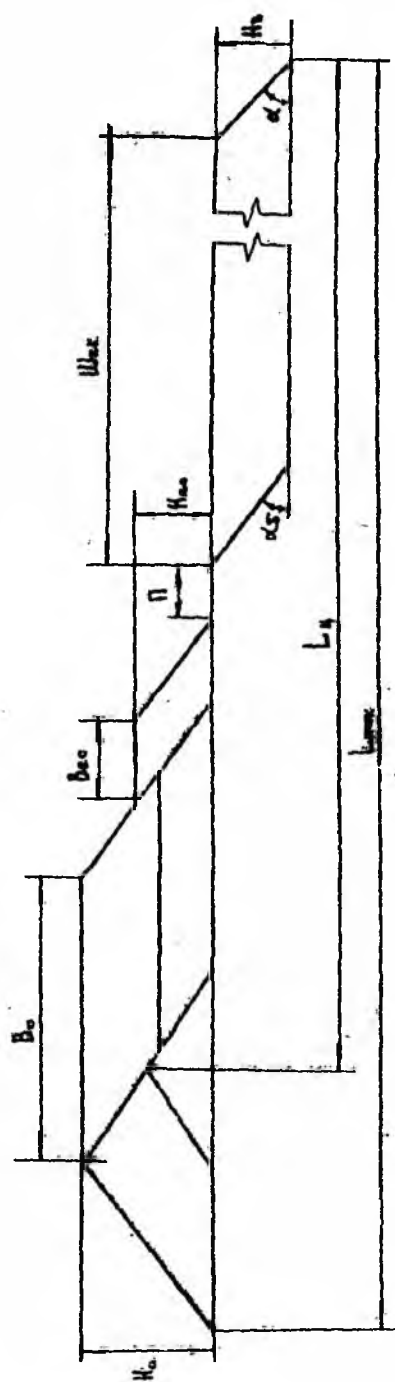


Рис. 4.7. Система к расчету многократной экскаваторной перевалки вскрышки во внешние дугьярусные отвалы

на четыре основные части: первый ярус, периферийную часть отвала, второй ярус и примыкающую отвальную насыпь (рис.4.7). Наиболее распространена схема с последовательным заполнением ярусов. Сначала формируется первый ярус отвала, далее производится отсыпка периферийной части отвала до общей проектной высоты отвала, а затем заполняется второй ярус. Последняя приконтурная вскрышная заходка, отрабатываемая с непосредственной перевалкой, размещается в насыпи, примыкающей к телу основного отвала.

Расчет параметров перевалки производится по каждой вскрышной заходке в отдельности по мере их отработки и в соответствии со схемой заполнения тела отвала, а также с учетом параметров применяемого экскавационного оборудования, разрабатываемой приконтурной полосы, вскрышной заходки, отвальных ярусов и физико-механических свойств вскрышных пород. Порядок расчета параметров многократной перевалки вскрыши во внешние двухъярусные отвалы драглайнами заключается в следующем.

1. Устанавливают значения исходных величин: $R_{ч.м}$ - максимальный радиус черпания драглайна, м; $H_{р.м}$ - наибольшую высоту разгрузки драглайна, м; $z_{сн}$ - расстояние от оси блока наводки до оси вращения экскаватора, м; $h_{сн}$ - высоту блока наводки от поверхности земли, м; $Ш_{пк}$ - ширину разрабатываемой приконтурной полосы вскрыши, м; $H_г$ - высоту вскрышного уступа, м; $П$ - ширину предохранительной полосы между карьером и отвалом, м; H_0 - общую высоту отвала, м; $h_{я1}$ - высоту первого яруса отвала, м; $h_{я2}$ - высоту второго яруса отвала, м; $H_{до}$ - высоту примыкающей отвальной насыпи, м; α - угол откоса рабочего вскрышного уступа, град; $\alpha_г$ - угол откоса вскрышного уступа в предельном положении, град; $\alpha_з$ - максимально допустимый угол откоса забоя драглайна, град; β - угол естественного откоса отвала, град; K_p - коэффициент разрыхления вскрышных пород в отвале.

2. Определяют величину шага передвижки драглайна, обеспечивающую разработку наибольшего объема пород с одного места стояния экскаватора

$$L_n = R_{ч.м} - z_{сн} - \frac{H_г + h_{сн}}{\text{tg} \alpha_з} \quad (4.45)$$

3. Рассчитывают значение эффективного радиуса действия экскаватора с учетом его шага передвижки

$$R_{\text{эф}} = \sqrt{R_{\text{ч}}^2 - \ell_n^2} \quad (4.46)$$

4. Вычисляют ширину последней приконтурной заходки, отрабатываемой с непосредственной перевалкой,

$$\begin{aligned} \text{Ш}_{\text{пко}} = \frac{H_{\text{по}}}{H_{\text{по}} + H_{\text{с}} K_p} \left[2 R_{\text{эф}} + \frac{H_{\text{с}} K_p (\text{ctg} \alpha_{\text{с}} - \text{ctg} \alpha)}{2 H_{\text{по}}} - \right. \\ \left. - H_{\text{с}} \text{ctg} \alpha - \Pi - H_{\text{по}} \text{ctg} \beta \right]. \end{aligned} \quad (4.47)$$

5. Находят ширину примыкающей отвальной насыпи, отсыпаемой из пород последней вскрышной заходки с непосредственной перевалкой

$$B_{\text{по}} = \frac{H_{\text{с}} K_p}{2 H_{\text{по}}} [2 \text{Ш}_{\text{пко}} - H_{\text{с}} (\text{ctg} \alpha_{\text{с}} - \text{ctg} \alpha)]. \quad (4.48)$$

6. Рассчитывают ширину основного отвала по верху

$$B_{\text{с}} = \frac{(\text{Ш}_{\text{пк}} - \text{Ш}_{\text{пко}}) H_{\text{с}} K_p}{H_{\text{с}}} - H_{\text{с}} \text{ctg} \beta. \quad (4.49)$$

7. Определяют значение максимального расстояния перемещения пород вскрыши от нижней бровки центральной заходки до нижней бровки конечного отвала в его периферийной части

$$L_{\text{м}} = H_{\text{с}} \text{ctg} \alpha + \text{Ш}_{\text{пк}} + \Pi + B_{\text{по}} + B_{\text{с}} + 2 H_{\text{с}} \text{ctg} \beta. \quad (4.50)$$

8. Находят число вскрышных заходов в разрабатываемой приконтурной полосе

$$m = \frac{2 \text{Ш}_{\text{пк}} - H_{\text{с}} (\text{ctg} \alpha_{\text{с}} - \text{ctg} \alpha)}{2 A_{\text{с}}}. \quad (4.51)$$

9. Определяют количество вскрышных заходов, размещаемых в периферийной части отвала, без учета отсыпки центральной заходки

$$m_n = \frac{H_{\text{с}}^2 \text{ctg} \beta}{A_{\text{с}} H_{\text{с}} K_p} - 1. \quad (4.52)$$

10. Вычисляют количество вскрышных заходов, отсыпаемых в первый ярус отвала,

$$m_{\pi 1} = \frac{B_0 h_{\pi 1}}{A_0 H_0 K_p} \quad (4.53)$$

II. Устанавливают граничные значения дробной части числа переэкскаваций вскрышных пород в периферийную часть отвала

$$\pi_{\text{кпзр}} = \frac{2(H_0 \operatorname{ctg} \beta - \sqrt{A_0 H_0 K_p \operatorname{ctg} \beta})}{2R_{\text{эп}} - \sqrt{A_0 H_0 K_p \operatorname{ctg} \beta}} \quad (4.54)$$

в первый ярус отвала

$$\pi_{\pi 1 \text{ эр}} = \left\{ \sqrt{4 + 4 \frac{\operatorname{ctg} \beta}{H_{pm} - h_{\pi 1}} \left[\frac{A_0 H_0 K_p}{h_{\pi 1}} - (H_{pm} - h_{\pi 1}) \operatorname{ctg} \beta \right]} - 1 \right\} \times \frac{(H_{pm} - h_{\pi 1}) \operatorname{ctg} \beta}{2R_{\text{эп}} - \sqrt{A_0 H_0 K_p \operatorname{ctg} \beta}} \quad (4.55)$$

и во второй

$$\pi_{\pi 2 \text{ эр}} = \left\{ \sqrt{4 + 4 \frac{\operatorname{ctg} \beta}{H_{pm} - h_{\pi 2}} \left[\frac{A_0 H_0 K_p}{h_{\pi 2}} - (H_{pm} - h_{\pi 2}) \operatorname{ctg} \beta \right]} - 1 \right\} \times \frac{(H_{pm} - h_{\pi 1}) \operatorname{ctg} \beta}{2R_{\text{эп}} - \sqrt{A_0 H_0 K_p \operatorname{ctg} \beta}} \quad (4.56)$$

12. Находят расстояние перемещения пород из центральной вскрышной заходки в их конечное положение в теле отвала

$$L_4 = H_0 \operatorname{ctg} \alpha + Ш_{\text{пк}} + \Pi + B_{\text{по}} + B_0 + \sqrt{A_0 H_0 K_p \operatorname{ctg} \beta} \quad (4.57)$$

13. Рассчитывают расстояние перемещения пород из j -й вскрышной заходки в первый ярус отвала для $(2 \leq j \leq m_{\pi 1} + 1)$

$$L_{\pi 1 j} = H_0 \operatorname{ctg} \alpha + Ш_{\text{пк}} + \Pi + B_{\text{по}} + B_0 + h_{\pi 1} \operatorname{ctg} \beta - (j-2) \left(1 + \frac{H_0 K_p}{h_{\pi 1}} \right) A_0 - A_0, \quad (4.58)$$

в периферийную часть отвала (для $m_{\pi 1} + 2 \leq j \leq m_{\pi 1} + m_{\pi 1} + 1$)

$$L_{\pi 1 j} = H_0 \operatorname{ctg} \alpha + Ш_{\text{пк}} + \Pi + B_{\text{по}} + B_0 + \sqrt{(j - m_{\pi 1}) A_0 H_0 K_p \operatorname{ctg} \beta} -$$

$$-(j-1)A_e + \sqrt{A_e H_e K_p \operatorname{ctg} \beta + h_{n1}^2 \operatorname{ctg}^2 \beta} - \sqrt{A_e H_e K_p \operatorname{ctg} \beta} \quad (4.59)$$

во второй ярус отвала (для $m_n + m_{n1} + 2 \leq j \leq m - 1$)

$$L_{n2} = H_e \operatorname{ctg} \alpha + \text{Ш}_{\text{ПК}} + \Pi + B_{n0} + B_0 + H_e \operatorname{ctg} \beta - \\ -(j-1)A_e - (j - m_n - m_{n1} - 2) \frac{A_e H_e K_e}{h_{n2}} + \quad (4.60) \\ + \sqrt{A_e H_e K_p \operatorname{ctg} \beta + h_{n1}^2 \operatorname{ctg}^2 \beta} - \sqrt{A_e H_e K_p \operatorname{ctg} \beta}.$$

14. Находят число переэкскаваций по каждой вскрышной заходке, отсыпаемой соответственно из пород центральной заходки и последующих в первый ярус отвала, периферийную часть и во второй ярус

$$\pi_{4j} = \frac{L_4 - 2R_{\text{эп}}}{2R_{\text{эп}} - \sqrt{A_e H_e K_p \operatorname{ctg} \beta}}, \quad (4.61)$$

$$\pi_{11j} = \frac{L_{11j} - 2R_{\text{эп}}}{2R_{\text{эп}} - \sqrt{A_e H_e K_p \operatorname{ctg} \beta}}, \quad (4.62)$$

$$\pi_{14j} = \frac{L_{14j} - 2R_{\text{эп}}}{2R_{\text{эп}} - \sqrt{A_e H_e K_p \operatorname{ctg} \beta}}, \quad (4.63)$$

$$\pi_{12j} = \frac{L_{12j} - 2R_{\text{эп}}}{2R_{\text{эп}} - \sqrt{A_e H_e K_p \operatorname{ctg} \beta}}. \quad (4.64)$$

15. Производят округление значения числа переэкскаваций по каждой вскрышной заходке до целого в соответствии с граничными значениями, определяемыми по формулам (4.54)–(4.56). При этом округление с избытком производится в случае превышения дробной частью числа переэкскаваций граничных значений и с недостатком – в противном случае.

16. Осуществляют суммирование числа переэкскаваций по всем вскрышным заходкам.

$$S_j = \sum_{i=1}^m \pi_j \quad (4.65)$$

17. Определяют величину коэффициента переэкскавации, используя выражение

$$K_n = \frac{2 A_0 S_i}{2 \psi_{m0} - A_0 (\sigma \gamma \alpha_0 - \sigma \gamma \alpha)} \quad (4.66)$$

Таким образом, при выполнении расчетов по рекомендуемой методике можно получить параметры многократной перевалки вскрышных пород драглайнами во внешние двухъярусные отвалы, по каждой заходке и всей разрабатываемой приконтурной полосе в целом.

Расчеты показывают, что с увеличением ширины вскрышной заходки возрастает коэффициент переэкскавации. Вместе с тем улучшаются показатели использования технических возможностей применяемого экскаватора. Затраты на экскаваторную перевалку зависят от параметров разрабатываемой приконтурной полосы, вскрышного уступа, отсыпаемого отвала и применяемого оборудования. Однако наиболее глубоким параметром, влияющим на эффективность перевалки, является ширина вскрышной заходки.

При многократной экскаваторной перевалке вскрышных пород во внешние отвалы ширина вскрышной заходки ограничивается рабочими параметрами драглайна по условию их выемки и отсыпки. С учетом показателей, характеризующих эффективность работы экскавационного оборудования и параметров многократной перевалки вскрышных пород во внешние отвалы, экономико-математическую модель можно представить в следующем виде:

минимизировать целевую функцию

$$C_{0i} = \frac{3 m_i T_0 S_i}{A_{0i} H_0 L_{ntcm} \gamma} \left[1 + \right. \quad (4.67)$$

$$\left. + \frac{2 A_{0i}}{2 \psi_{m0} - H_0 (\sigma \gamma \alpha_0 - \sigma \gamma \alpha)} \sum_{j=1}^m \frac{L_{0j} - 2 R_{0p}}{2 R_{0p} - \sqrt{A_{0i} H_0 K_p \sigma \gamma \alpha}} \right] \rightarrow \min,$$

при ограничениях:

а) по условию наполнения ковша драглайна за одно черпание

$$A_{0i} \geq f L_k \quad \text{для } i = \overline{1, q}; \quad (4.68)$$

б) по возможности отсыпки переэкскавированных навалов

$$A_{0i} \leq \frac{H_{pm}^2 \sigma \gamma \alpha}{H_0 K_p} \quad \text{для } i = \overline{1, q}; \quad (4.69)$$

в) по положительности решения

$$C_{ei} \geq 0,$$

(4.70)

где $З_{mi}$ - затраты на машино-смену применяемого выемочно-погрузочного оборудования, руб.; $T_{сi}$ - время на отработку забойного блока, ч; $t_{см}$ - продолжительность рабочей смены, ч; γ - коэффициент использования продолжительности смены; f - величина кратности нормального хода ковша его длине; l_k - длина ковша драглайна, м.

При определении оптимальной ширины вскрышной заходки для конкретного рассматриваемого участка и принятого экскавационного оборудования использование минимума эксплуатационных затрат на многократную перевалку в качестве критерия оптимизации наиболее целесообразно. Величина удельных эксплуатационных затрат может быть принята по данным работы предприятия. Анализ данных работы Северного и Нижне-Амурского рудников Тургайского бокситового рудоуправления показывает, что при сравнительно одинаковых горно-технических условиях и типе горного оборудования наблюдаются разные значения затрат на 1 м³ вскрыши в целике. Это связано, прежде всего, с различными коэффициентами переексплуатации.

В себестоимости вскрыши необходимо выделять ее условно-переменную и условно-постоянную части. При многократной перевалке вскрышных пород драглайнами изменение объемов переексплуатации сказывается, прежде всего, на основной и дополнительной заработной плате, электроэнергии, материалах и существенно не влияет на амортизацию, содержание оборудования и цеховые расходы. Для оценки эффективности процесса перевалки необходимо установление уровня удельных затрат по переексплуатации 1 м³ вскрыши. В практике работы карьеров при ведении вскрышных работ с многократной экскаваторной перевалкой затраты по каждой переексплуатации не выделяют, а общие затраты по окончании процесса относят на единицу объема вскрыши в целике.

Уровни удельных затрат по статьям себестоимости на единицу объема переексплуатации вскрышных пород драглайнами в руб./м³ предлагается определять по формуле

$$З_{пэi} = \frac{З_{i1} - З_{i2}}{K_{п1} - K_{п2}}, \quad (4.71)$$

где $З_1$ и $З_2$ — фактические удельные затраты по статьям себестоимости на 1 м^3 вскрыши в целике соответственно на первом и втором сравниваемых рудниках, руб./ м^3 ; $K_{п1}$ и $K_{п2}$ — коэффициент переэкскавации соответственно по первому и второму сравниваемым рудникам.

В результате расчетов по формуле (4.71) для условий карьеров Тургайского бокситового рудоуправления получены следующие значения удельных затрат по статьям: материалы вспомогательные — 0,026 руб./ м^3 ; электроэнергия — 0,011; заработная плата основная — 0,014; дополнительная — 0,008; отчисление на соцстрах — 0,004; амортизация оборудования — 0,063; содержание оборудования — 0,067; цеховые расходы — 0,019 руб./ м^3 . В целом себестоимость 1 м^3 переэкскавации вскрышных пород составила 0,207 руб. Установленные таким образом уровни удельных затрат по статьям себестоимости в целом могут быть приняты как плановые и использоваться в расчетах технологических схем экскаваторной перевалки вскрыши во внешние отвалы при оптимизации их параметров.

Реализация на ЭВМ экономико-математической модели, приведенной в (4.67), позволит получить оптимальные параметры перевалки вскрыши во внешние отвалы. Алгоритм учитывает специфические особенности технологии экскаваторной перевалки вскрышных пород во внешние двухъярусные отвалы. Ввод исходной информации включает параметры разрабатываемой приконтурной полосы и отсыпного отвала, физико-механические свойства вскрышных пород, рабочие параметры, технические характеристики работы драглайнов и эксплуатационные затраты на машино-смену работы экскаватора.

Произведенные по указанной программе расчеты показали, что с увеличением ширины вскрышной заходки от 10 до 40 м и разрабатываемой приконтурной полосы от 100 до 300 м величина коэффициента переэкскавации возрастает от 0,104 до 2,429. В условиях карьеров Тургайского бокситового рудоуправления оптимальная ширина заходки драглайна при многократной перевалке вскрышных пород во внешние двухъярусные отвалы составляет 16, 23, 28, 35 и 39 м соответственно для приконтурной полосы шириной 100, 150, 200, 250 и 300 м.

Таким образом, по предлагаемой методике можно оперативно определить оптимальные параметры перевалки вскрыши во внешние двухъярусные отвалы для любого участка карьерного поля с указанием ширины заходки, расстояния перемещения и количества перезакавок по каждой вскрышной заходке, параметров отвала, общего коэффициента перезакавки и себестоимости 1 м³ вскрыши. При этом в десятки раз сокращаются затраты времени на расчет параметров перевалки. Внедрение оптимальных параметров перевалки на карьерах обеспечит существенное снижение затрат на бестранспортную вскрышу.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ СТРАНЫ И ПАРАМЕТРЫ НАРУШАЕМЫХ ПЛОЩАДЕЙ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	5
2. НАРУШЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ НА ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ В ЗАВИСИ- МОСТИ ОТ ФОРМ ОТВАЛОВ	27
3. НАЗНАЧЕНИЕ ПЛОДОРОДНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ, ТЕХНОЛОГИЯ ЕГО СНЯТИЯ, ХРАНЕНИЯ, УКЛАДКИ И ПРОВЕДЕНИЕ ГОРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РАБОТ НА ОТВАЛАХ	39
4. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ С УЧЕТОМ РЕКУЛЬТИВАЦИИ	76

Научное издание

Чулаков Пангере́й Чулакович, Бегалинов Абдрахман,
Калыбеков Турсын

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ
ОТКРЫТЫМИ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ ЗЕМЕЛЬ. Часть I

Утверждено к печати Ученым советом Алматинского архитектурно-
строительного института Министерства образования
Республики Казахстан

Редакторы С.Г.Новикова, А.А.Давыденко

Н/К

Подписано в печать 09.09.94. Формат 60x84^I/16. Бум.тип. № 2
Печать офсетная. Усл.п.л. 5,81. Усл.кр.-отт. 5,94.
Уч.-изд.л. 5,95. Тираж 500. Заказ 120

Издательство "Тылым"

480100, Алматы, ул. Пушкина, 111/113

Типография издательства "Тылым"

480021, Алматы, ул. Шевченко, 28