

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К. И. Сатпаева

Т. К. Ищанов

**РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ
ОТКРЫТЫМИ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ**

Учебное пособие для горных специальностей

Рекомендовано Научно-методическим советом
университета в качестве учебного пособия

Алматы 2016

УДК 622.882 (075.8)

И 98

Рецензенты:

Машанов А. А., д-р техн. наук, проф., КазННТУ имени К. И. Сатпаева

Дюсебаев М. К., д-р техн. наук, проф., АУЭИС

Пентаев Т. П., д-р техн. наук, проф., КНАУ

Печатается по плану издания Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2016 г.

Ищанов Т. К.

И98 Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными работами:
Учебное пособие / Т. К. Ищанов – Алматы: КазННТУ, 2015.– 170с.:
Ил. 48. Табл. 34. Библиогр. - 18 назв.

ISBN 978-601-323-009-2

Основной целью учебного пособия является расширение знаний будущих специалистов в области современного состояния и перспектив развития технологических процессов рекультивации на открытых разработках, а также в области снижения вредного влияния открытых горных работ на окружающую природную среду.

В первой главе пособия рассмотрены понятия об основных положениях и видах горнотехнической и биологической рекультивации, изложены методы инженерной оптимизации параметров отвалов и оборудования.

Во второй главе рассмотрены влияние открытого способа добычи и масштабов горных работ на размер отчуждения земель, основные положения взаимосвязи вскрышных, отвальных и рекультивационных работ.

В третьей главе приведены вопросы восстановления земель, нарушенных при добыче полезного ископаемого, выбора технологии рекультивационных работ в тесной увязке с конкретными свойствами горных пород и технологией отвально-вскрышного комплекса в целом.

В конце пособия рассмотрены вспомогательные работы на карьерах и отвалах при железнодорожном транспорте, которые включают передвижку, текущее содержание и ремонт железнодорожных путей, а также контактных сетей, очистку транспортных сосудов от налипания и намерзания пород.

УДК 622.882 (075.8)

ISBN 978-601-323-009-2

© Ищанов Т. К. 2016

© КазННТУ им. К. И. Сатпаева, 2016

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время немалая часть полезных ископаемых добывается высокопроизводительным и не требующим больших экономических затрат открытым способом. Развитие открытого способа разработки требует увеличения земельного отвода, на площади которого в процессе добычи будут располагаться горные выработки, отвалы пустых горных пород, хвостошламохранилище, транспортные коммуникации и другие промышленные сооружения. В общем процессе открытой разработки полезных ископаемых рекультивационные работы имеют очень важное значение. Потому что помимо длительного отчуждения ценных земельных площадей происходит порча земель, нарушение гидрогеологического режима данной местности, загрязнение воздушного бассейна, флоры и фауны, ухудшение санитарно-гигиенических условий проживания населения в районах, прилегающих к горным предприятиям. Все это требует после завершения добычных работ своевременного восстановления нарушенных земель. В общем процессе добычи полезных ископаемых открытым способом главенствующее значение имеют рекультивационные работы. Рекультивация земель связана со вскрышными горными работами, образуя цельный выемочно-отвально-рекультивационный комплекс.

Рекультивация земель – это восстановление нарушенных горными работами территорий для полноценного использования в сельском, лесном хозяйствах, под строительство, создания парковых, оздоровительных зон и т.д. Восстановление нарушенных земель осуществляется в несколько этапов. Основным из них является горнотехническая рекультивация, в процессе которой восстанавливаются нарушенные поверхности, создается необходимый почвенный слой. Следующим этапом является биологическая рекультивация, включающая систему комплексных мер по восстановлению почвы.

На выбор метода и направления рекультивации влияют горно-технические условия месторождения, физико-географические особенности местности, технология разработки и перспективы развития района.

В учебном пособии раскрыты вопросы рекультивации земель, нарушенных горными работами, рассмотрены вопросы рационального выполнения отвальных работ с применением различного мощного горно-технического оборудования, взаимосвязь вскрышных, отвальных и рекультивационных работ, а также вспомогательные работы на отвалах.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Горное дело», а также для специалистов, связанных с вопросами рекультивации нарушенных земель.

Глава I. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

1.1. Основные положения рекультивации нарушенных земель

Охрана природы и рациональное использование ее ресурсов в современных условиях является одной из наиболее важных задач, от решения которых зависит успешное выполнение народнохозяйственных планов, благосостояние общества.

«Предприятия, организации и учреждения, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых открытым или подземным способом, проводящие геологоразведочные, строительные или иные работы на предоставленных им во временное пользование сельскохозяйственных землях или лесных угодьях, обязаны за свой счет приводить эти земельные участки в состояние, пригодное для использования в сельском, лесном или рыбном хозяйстве [1–3].

Поэтому рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками, является весьма важной народнохозяйственной задачей.

Для производства горных работ открытым способом требуется значительная территория, на которой располагаются добычные и обогатительные комплексы – карьеры, отвалы, железнодорожные и автомобильные дороги, промышленные сооружения горнообогатительных фабрик. Непосредственной задачей горнодобывающих предприятий является возврат нарушенных земель их прежним владельцам. Безусловно, земли не могут быть возвращены прежним владельцам в таком количестве, в каком были изъяты для горного производства.

В результате проведения вскрышных работ на карьерах происходит хаотичное перемешивание пород и ликвидация плодородного слоя – почвы. Поэтому качество земель зависит от почвообразующей породы и мощности черноземного слоя. Земли, занимаемые горными предприятиями, разделяют на:

- площади под активными производственными сооружениями – фабриками, цехами, карьерами, действующими отвалами и др.;

– площади под неактивными сооружениями – старыми горными выработками, недействующими отвалами, зонами обрушения от погашенных подземных и открытых выработок и т. д.;

– площади, занятые жилсоцкультуростроительством и т. п.

В свою очередь, площади, занятые производственными сооружениями, как активными, так и неактивными, подразделяются на *нарушенные*, подлежащие рекультивации (территории карьеров, отвалов, цехов и т. д.), и *ненарушенные*, включающие различные зоны и разрыв между сооружениями и зданиями и окружающую территорию, входящую в земельный отвод предприятия. Величина нарушенных и подлежащих рекультивации земель на карьере колеблется от 6 до 72 % земельного отвода.

Все нарушенные территории чаще разделяют на две группы:

– земли с насыпным грунтом – промышленные отходы, отвалы подземных горных выработок (терриконы);

– территории, поврежденные в результате выемки грунта, карьеры и отвалы при открытых горных работах, провалы на месте подземных разработок.

При всем разнообразии методов и путей рекультивации восстановление территорий, поврежденных горнодобывающей промышленностью, ведется примерно в четырех основных направлениях:

- *Для сельскохозяйственного пользования*: земледелие и разведение фруктовых садов.

- *Для лесонасаждения*: леса целевого назначения (почвозащитные, климатические, водоохранные, лесопарки, парки и т. д.); леса производственного характера.

- *Под водоемы*: водные бассейны для спорта; пруды для рыбоводства; водохранилища; водные площади оздоровительного характера.

- *Жилищное и капитальное строительство*.

В общем процессе рекультивации площадей после горных работ различают два основных этапа: *горно-техническая* и *биологическая рекультивации*.

Горно-техническая рекультивация заключается в подготовке территорий после окончания разработки месторождений для различных видов последующего освоения: биологическая

рекультивация, водное хозяйство, строительство. Сюда входит планировка отвалов, придание откосам удобной формы, насыпание плодородных грунтов для сельскохозяйственного использования, мелиоративные работы, создание подъездных путей.

Горно-техническое восстановление ставит своей задачей создание отвалов и горных выработок определенной конфигурации, при которой возможно последующее использование земель. В зависимости от целей, стоящих перед рекультивацией, требования к рельефу отвалов различны: для возделывания сельскохозяйственных культур и создания пастбищ необходима ровная поверхность; для лесопосадок и при создании зон отдыха достаточно проведения частичной планировки отвалов.

К горнотехнической рекультивации, помимо планировочных, относятся работы, предусматривающие образование на отвалах верхнего слоя грунта, наиболее благоприятного для последующей биологической рекультивации.

Горно-техническая рекультивация осуществляется непосредственно горными предприятиями. Технология ее проведения зависит от системы разработки (транспортная, бестранспортная или транспортно-отвальная), способа отвалообразования, агрохимических свойств пород, складываемых в отвалах, и цели рекультивации.

Существуют следующие способы отвалообразования: раздельный, валовый, валовый с прикрытием отвала почвенным слоем. Валовый способ приемлем, когда все складываемые породы благоприятствуют лесопосадкам или созданию пастбищ; раздельный предусматривает складирование бесплодных или особо токсичных пород в основание отвала и укладку плодородных почв на его поверхности. При валовом способе отвалообразования и покрытии поверхности слоем плодородного грунта для его разработки и доставки должно предусматриваться специальное горно-транспортное оборудование: скреперы, бульдозеры, погрузчики, экскаваторы с небольшой емкостью ковша в сочетании с автотранспортом.

Биологическая рекультивация включает мероприятия по восстановлению плодородия нарушенных земель после окончания горнотехнической рекультивации, их озеленение, возвращение в сельскохозяйственное и лесное использование, создание благоприятных для жизнедеятельности человека ландшафтов. Различают две формы биологической рекультивации: *лесная* и *сельскохозяйственная*, проводимые в районах, где до промышленных разработок почвы отличались большим плодородием [1–3].

Сельскохозяйственная рекультивация проводится в два этапа. На первом восстанавливают плодородие почв настолько, чтобы можно было выращивать сельскохозяйственные культуры. Для этого используются растения, не требовательные к почвенным условиям, устойчивые в борьбе с болезнями и сорняками, создающие большое количество надземной и подземной массы.

На втором этапе возделывают сельскохозяйственные культуры, урожайность которых восстанавливается по мере восстановления плодородия почвы.

Биологическое восстановление земель должно осуществляться специальными организациями за счет средств горного предприятия. Наиболее трудоемкими и дорогостоящими работами являются работы, связанные с повышением плодородия верхнего слоя отвалов, улучшением его гидрофизических свойств. Особенно велики эти затраты при валовом отвалообразовании, но и раздельная укладка отвалов не всегда обеспечивает плодородность их верхнего слоя. Если нижележащие слои состоят из особо токсичных пород, не исключена возможность миграции растворов кислот на поверхность отвала. Поэтому за рубежом для ускорения рекультивации иногда применяют искусственное выщелачивание таких пород путем подачи на отвал воды. При этом могут быть использованы воды карьерного водоотлива.

Породы верхнего слоя отвалов искусственно выщелачивают также внесением в грунт извести, золы бурого угля, торфа. Количество этих веществ и периодичность их внесения в грунт определяются после выяснения агрохимической характеристики пород, составляющих верхний слой отвала.

После восстановления плодородия грунта обычно проводят агробиологические работы: посадку леса, возделывание сельскохозяйственных культур, разведение рыбы в водоемах, дичи в лесах.

1.2. Требования к искусственному рельефу поверхности перед биологической рекультивацией

Факторами, влияющими на рост и развитие растительности, являются топографические условия местности, угол наклона земной поверхности, степень предрасположенности к развитию эрозии, погодные условия, температура почвы и т. д.

Топографические различия сильно проявляются при оценке приживаемости и роста древесных культур на нижних и верхних частях склонов, где создаются различные условия увлажнения. Большое внимание при горнотехнической рекультивации необходимо уделять рациональному оформлению отвалов.

Установлено, что и форма отвалов должна обеспечивать их хозяйственное освоение. Поэтому необходимо создавать крупноплощадные отвалы правильной формы, будущее освоение которых даст большие площади земель, пригодных для посадки культурных растений, как этого требуют современные способы сельскохозяйственного и лесного производства.

Рациональное оформление отвалов является основой для повышения качества работ по восстановлению плодородия земель, опустошенных открытыми горными работами, и эффективности последующего их использования. По форме отдают предпочтение крупным отвалам с основанием, максимально приближающимся к форме квадрата.

Откосы отвалов выполаживают. Величина углов откосов отвалов (табл.1) не допускается выше следующих максимальных величин:

Таблица 1

Высота отвала, м	Угол откоса отвалов, градус
20	16
40	11
60	9
80	8
100	6

При хозяйственном использовании угол откоса восстановленных земель не должен превышать 18° , если они предназначены для облесения, и 11° , если они будут использованы под садоводство. Для сельскохозяйственного использования поверхность отвала должна быть ровной с небольшим односторонним уклоном в пределах $3\text{--}5^\circ$ для стока избыточных атмосферных осадков. Поверхность его планируется так, чтобы можно было применять тяжелую сельскохозяйственную технику. Поверхность отвалов покрывается наиболее плодородными грунтами, снимаемыми во время вскрышных работ в соответствии со шкалой классификации грунтов по плодородию и пригодности их для освоения. Планировка производится в 2 этапа: сначала общая, через один – два года окончательная. Полная стабилизация отвалов происходит через 15–20 лет, но наибольшая усадка – в первые 2 года. Высота отвала для сельскохозяйственного освоения не должна превышать 2 м над общим уровнем поверхности.

Определены следующие основные требования к горнотехнической рекультивации земель, нарушенных открытыми горными разработками:

Выравнивание поверхности земель, нарушенных горными работами (внешние и внутренние отвалы пустых пород), должно удовлетворять нулевому балансу земляных работ. Планируемые участки должны иметь правильные геометрические контуры, площадь не менее 10 га, ширину не менее 200 м и разность отметок между соседними участками не более 5 м.

Профиль спланированного рельефа гребнеобразных отвалов при сельскохозяйственной рекультивации может быть с односторонним уклоном, двускатный или в виде пологой лощины. Во избежание заболачивания не допускается создание поверхности в форме котлована.

При сплошной планировке рекультивируемых участков, предназначенных для возделывания сельскохозяйственных культур, создают уклоны до 1° . При уклонах $2\text{--}3^\circ$ участки используют для полеводства при выполнении специальных противоэрозионных работ. Поверхность отвалов с уклоном $4\text{--}6^\circ$ следует выделять в отдельный массив с подготовкой под кормовой (почвозащитный) севооборот. Участки отвалов с уклоном $5\text{--}10^\circ$ подготавливаются под леса и луга. Мощность слоя плодородного грунта на откосах рекомендуется не менее 0,15 м.

При частичной планировке гребнеобразных отвалов срезают только вершины гребней с созданием площадок шириной до 8–10 м, но не менее 4 м.

При террасировании крутых откосов во избежание эрозии террасам придают поперечный уклон 1.5–2° в сторону вышележащей террасы. Разность отметок между террасами при их облесении устанавливают не более 5 м.

Выполненные откосы отвалов от водной и ветровой эрозии защищают путем проведения следующих противоэрозионных мероприятий (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика откосов	Угол наклона откоса, градус	Необходимые противоэрозионные мероприятия
Пологие	4–5	Посадка почвозащитных лесонасаждений, посев трав и кустарников
Слабо покатые	6–10	Устройство водозащитных валов и шлейфов с водостоками, залужение (многолетние травосмеси) и облесение
Покатые	11–20	Облесение, террасирование, валы и шлейфы с водостоками
Крутые	21–40	Террасирование, строительство валов и водостоков, планировка, выкладывание дерном, обрызгивание битумом, мочевино-формальдегидной смолой, залужение в клетках планировки

Эффективность биологической рекультивации земель для сельскохозяйственного использования обеспечивается при создании на их поверхности корнеобитаемого слоя мощностью не менее 0,8 м для зерновых и многолетних трав, 1,5–2 м для плодовых культур. Корнеобитаемый слой рекомендуется формировать из чернозема и суглинков, причем мощность

собственного гумусового горизонта может колебаться от 0,3 до 0,8 м. Ниже корнеобитаемого слоя породный отвал формируется из грунтов с благоприятными водно-физическими свойствами. Общая мощность рекультивационного горизонта (корнеобитаемый и подстилающий слои) зависит от агрохимических и физико-механических свойств грунтосмеси в верхней части отвалов (обычно 1,7–2,5 м) [4].

Агрохимическая характеристика вскрышных пород и субстрата отвалов являются основанием для выбора вида освоения восстанавливаемых земель. Степень пригодности для биологической рекультивации устанавливается после агрохимического анализа образцов. Известны различные схемы выполнения анализов, зависящие от геохимической характеристики пород.

В большинстве случаев ограничиваются проведением следующих анализов: на механический состав и щебнистость (скелетность); pH водной и солевой суспензии; содержание воднорастворимых солей; поглощение основания; поглощение Al и H (по Сколову); подвижное железо по Тамму и Джексону (для переувлажненных участков); содержание серы общей, сульфидной, сульфатной и пиритной; валовые: углероды, азот, фосфор, калий; нитратный, аммиачный, легкогидролизуемый азот и нитрификационную способность в слое 0–10 и 10–20 см; подвижный фосфор; обменный калий по Масловой; углекислоту карбонатов газо-волюметрическим методом.

Природа и динамика фитотоксичности горных пород устанавливаются после проведения специфических анализов.

1.3. Влияние рекультивации нарушенных земель на технологические схемы организации горных работ

Оценка способа разработки месторождений полезных ископаемых в современных условиях быстрого развития технического прогресса является сложной задачей. Степень ее сложности увеличивается по мере возможного уменьшения разницы в стоимости добычи на одном и том же месторождении открытым и подземным способами. Сложность задачи состоит и в том, что способ отработки месторождения определяет экономику предприятия на длительный срок его существования,

на время, за которое выявленная разница в стоимости может измениться в пользу отвергнутого в момент выбора способа разработки, если ошибочно определены запасы или не учтены тенденции и возможности технического прогресса.

Производство горных работ открытым способом в благоприятных условиях по сравнению с подземным имеет огромные преимущества: более высокую производительность труда по горной массе; большую концентрацию всех работ и несложное управление производством; меньшие капитальные затраты на 1 т годовой добычи; возможность комплексной разработки различных полезных ископаемых; более полное извлечение полезного ископаемого и меньшее разубоживание; большую безопасность ведения горных работ и т. д. Вместе с тем открытому способу разработки присущи и серьезные недостатки [5,6].

Прежде всего, разработка месторождений открытым способом связана с порчей сельскохозяйственных угодий, которые даже при последующей рекультивации подлежат отчуждению из сферы сельскохозяйственного производства на 10–20 лет. Вместе с тем практикой рекультивации земель, нарушенных открытыми горными работами, установлено, что только до 60–70 % всех занимаемых площадей подлежат рекультивации при разработке горизонтальных месторождений с внутренним отвалообразованием вскрышных пород. Вряд ли возможна эффективная рекультивация земель при отработке крутых месторождений, разрабатываемых глубокими карьерами (более 100–150 м) при внешнем отвалообразовании скальных вмещающих пород.

Недостатком является так же то, что при глубоком залегании полезного ископаемого перемещают огромные объемы скальных пород, а это, дополнительно, ведет к его обезвоживанию.

Производство работ по восстановлению земель влияет определенным образом на технологию открытой добычи полезного ископаемого. Поэтому собственно горные работы и рекультивацию нарушенных земель следует планировать во взаимосвязи друг с другом. Основным условием при этом является обеспечение максимальной экономической эффективности работы горного предприятия.

Так, например, помимо соблюдения общеизвестных условий (расположение породных отвалов вне территорий, перспективных по запасам полезных ископаемых, обеспечение минимального количества тонна-километров грузоперевозок), при выборе места расположения отвала необходимо принимать во внимание технико-экономические и санитарно-гигиенические требования с учетом последующей рекультивации.

В тех случаях, когда пыль пустых пород особенно вредна для здоровья трудящихся, между отвалами и населенными пунктами размещают лесную зону. При облесении отвалов по мере их отсыпки последнюю можно приблизить к контурам карьеров. В этом случае затраты, связанные с проведением восстановительных работ на территории отвалов, могут быть уменьшены за счет сокращения расстояния.

Примером нерационального размещения могут служить внешние отвалы баженовских асбестовых карьеров, расположенные в восточной части горного отвода на расстоянии до 6 км от горных работ. Вынос отвалов на такое расстояние объяснялся необходимостью сохранить вокруг города лесную зону. При этом баженовское асбестовое предприятие ежегодно теряет на перепробеге поездов около 1 млн. руб./год. Расположение отвалов ближе к карьерам и облесение их по мере отсыпки сократит расстояние перевозки пород в среднем на 5,5 км, обеспечив определенную экономию народнохозяйственных средств.

Часто высоту отвалов увеличивают с целью уменьшения площади, планируемой для складирования пустых пород. При одноярусных отвалах, с точки зрения рационального использования территории при все увеличивающихся объемах разрабатываемых пустых пород на открытых горных работах, это решение правильно. Однако создание многоярусных отвалов нередко обуславливает дополнительные затраты из-за снижения производительности ж/д транспорта вследствие увеличения продолжительности оборота локомотивосоставов. Увеличение высоты отвала приводит к увеличению затрат на электроэнергию при использовании электровозного транспорта. Возникает также ряд трудностей и для рекультивации. Увеличение высоты отвала до 100 м (3-ярусный отвал), кроме того, ухудшает климатические условия и гидрогеологический режим, что затрудняет

произрастание древесных и сельскохозяйственных культур. Принимая во внимание требования обязательной рекультивации земель, нарушенных горными работами, в рекомендациях работников сельского хозяйства отдается предпочтение одноярусным отвалам. При этом предполагают, что экономически эффективными могут быть одноярусные отвалы высотой до 35 м. Большой объем работ по их планировке при безтранспортной системе разработки и необходимость раздельного складирования значительных объемов пустых пород предопределяют изменение сложившихся представлений об использовании для этих целей на отечественных карьерах самоходных скреперов и бульдозеров. Так, применение мощных скреперов и бульдозеров позволяет осуществлять раздельное отвалообразование с размещением на поверхности отвала плодородного слоя без существенных изменений технологии работ и их удорожания.

За рубежом мощными скреперами разрабатывают значительные объемы вскрыши. Рациональное расстояние транспортировки для них принято считать равным 160 м. Поскольку однотипность оборудования обуславливает лучшую организацию работ, то буровзрывные работы по возможности заменяют рыхлением пород рыхлителями, способствующими широкому использованию их в карьере. При необходимости выполнения рекультивационных работ применяют тракторные скреперы вместо драглайнов, когда глубина карьеров не превышает 50 м.

1.4. Современные рекомендации по комплексной рекультивации нарушенных земель

Понимание рекультивации как комплексного процесса имеет очень большое значение, поскольку это означает всесторонний учет всех требований рекультивационного периода, выбор наиболее рационального и эффективного направления рекультивации, правильное определение затрат по этапам.

Нельзя рассматривать рекультивацию земель только как метод увеличения площадей для сельскохозяйственного или лесохозяйственного использования. Рекультивация – процесс производства комплекса работ, направленный на

воспроизводство и улучшение (а порой и совершенно нового моделирования) всего нарушенного природно-территориального комплекса в целом. В этом процессе должно быть учтено все многообразие природных связей и перспектива их развития с учетом потребности общества.

Задача рекультивации – не только восстановить имевшиеся природные ландшафты, но и создать новые, лучшие, более рационально организованные и продуктивные, чем бывшие до сих пор.

Исследованиями выявлены перспективные направления возвращения восстановленных участков в сельскохозяйственное использование с созданием более плодородных почв и, следовательно, получения на них более высоких урожаев, чем на участках с ненарушенными природными почвами:

1. Укладка на рекультивируемые участки с разной выровненной и осевшей поверхностью насыпного слоя чернозема большей мощности, чем его мощность на нетронутых участках. Создание на рекультивированных участках насыпного слоя чернозема в 1,5–2 раза толще, чем мощность гумусовых горизонтов природных почв, уменьшает возможную площадь рекультивируемых участков, покрытых почвой. В этом случае часть участков останется без почвенного покрытия, и на поверхности их будут горные породы нижних горизонтов. Предполагается, что такое положение окажется рациональным в будущем для совершенствования методов рекультивации путем подготовки участков разного качества для возделывания различных сельскохозяйственных культур.

2. Создание на рекультивируемых участках для сельскохозяйственных культур более совершенных гидрогеологических условий, чем они были до разработки полезных ископаемых.

При открытой добыче полезных ископаемых часто в течение одного года в пределах одного карьера вскрывается, переносится и укладывается в отвалы более 20 млн. м³ вскрыши. При этом наносы иногда могут перемещаться на несколько километров. В этом случае появляется возможность, а иногда и целесообразность искусственно создавать более совершенные гидрогеологические условия на рекультивированных участках.

Перспективно формировать отвалы, чтобы на глубине от 2 до 5 м оказались толщи красно-бурой глины, выше лесс, лессовидный суглинок или даже песок, а на поверхности слой чернозема толщиной 0,5–1 м. Такая последовательность укладки верхней толщи отвалов на рекультивируемом участке может с полным основанием улучшить водный режим.

1. Использование для химической мелиорации углекислой извести, находящейся в лессе и лессовидных отложениях.

При рекультивации рекомендуется все неблагоприятные породы уложить вниз отвалов, прикрыв их породами с более благоприятными свойствами.

2. Землевание применяют в тех случаях, когда при разработке глубоких карьеров образуются только внешние отвалы большой высоты, которые достигают своей проектной отметки через продолжительное время, часто измеряемое десятками лет, нет смысла складировать почву, особенно такую богатую и плодородную, как чернозем, и держать ее непроизводительно в буртах много лет. В этом случае возможно собранной гумусированной массой чернозема улучшить малопродуктивные почвы.

3. Улучшение свойств пород их смешиванием. Например, смешивание красно-бурых глинистых отложений с ниже залегающими третичными рыхлыми песками. Каждая из этих пород в отдельности из-за очень тяжелого или легкого механического состава обладает неблагоприятными свойствами. Смесь их приведет к улучшению водно-физических и других свойств.

Одним из биологических способов восстановления земель после открытых горных работ является их облесение.

Как показал опыт, при создании массивных лесных насаждений на отвалах для обеспечения широкой механизации лесокультурных работ и предупреждения водной эрозии горным предприятиям необходимо проводить сплошное разравнивание отвалов, придавая поверхности равнинный или равнинно-волнистый характер. Уклоны при этом не должны превышать 3°. В противном случае сильно развивается плоскостная и линейная эрозии (вплоть до появления оврагов). Кроме сплошного

разравнивания по согласованию с будущим землепользователем в определенных случаях (например, при ландшафтном формировании местности) можно прибегать к частичному разравниванию, срезая вершины гребней отвалов, образуя горизонтальные площадки шириной не менее 8 м, где можно механизированным путем провести посадку лесных культур.

На отвалах, рекультивируемых для лесного и сельского хозяйства, необходимо создавать лесные насаждения различного целевого назначения, противозерозионные посадки на склонах и откосах, полезащитные полосы, насаждения зеленых зон и т.д. Общим для всех указанных категорий лесонасаждений на отвалах является выполнение мелиоративных функций.

Из-за бедности грунтов отвалов на первом этапе лесной рекультивации следует выращивать лишь мало и средне-требовательные деревья и кустарники, не обеспечивающие получения деловой древесины.

Рекультивация – процесс производства комплекса работ, направленный на воспроизводство и улучшение (а порой и совершенно нового моделирования) всего нарушенного природно-территориального комплекса в целом. В этом процессе должно быть учтено все многообразие природных связей и перспектива их развития с учетом потребностей общества.

Задача рекультивации – не только восстановить имевшиеся природные ландшафты, но и создать новые, лучшие, более рационально организованные и продуктивные, чем бывшие до сих пор.

Выявлены перспективные направления возвращения восстановленных участков в сельскохозяйственное использование с созданием более плодородных почв и, следовательно, получения на них более высоких урожаев, чем на участках с ненарушенными природными почвами:

1. Укладка на рекультивируемые участки с ранее выровненной и осевшей поверхностью насыпного слоя чернозема большей мощности, чем его мощность на нетронутых участках. Создание на рекультивированных участках насыпного слоя чернозема в 1,5–2 раза толще, чем мощность гумусовых горизонтов природных почв, уменьшает возможную площадь рекультивируемых участков, покрытых почвой. В этом случае

часть участков останется без почвенного покрытия, и на поверхности их будут горные породы нижних горизонтов. Предполагается, что такое положение окажется рациональным в будущем: для совершенствования методов рекультивации путем подготовки участков разного качества для возделывания различных сельскохозяйственных культур.

2. Создание на рекультивируемых участках для сельскохозяйственных культур более совершенных гидрогеологических условий, чем они были до разработки полезных ископаемых.

При открытой добыче полезных ископаемых часто в течение одного года в пределах одного карьера вскрывается, переносится и укладывается в отвалы более 20 млн м³ вскрыши. При этом наносы иногда могут перемещаться на несколько километров. В этом случае появляется возможность, а иногда и целесообразность искусственно создавать более совершенные гидрогеологические условия на рекультивированных участках.

Перспективно формировать отвалы, чтобы на глубине от 2 до 5 м оказались толщи красно-бурой глины, выше лесс, лессовидный суглинок или даже песок, а на поверхности слой чернозема толщиной 0,5–1 м. Такая последовательность укладки верхней толщи отвалов на рекультивируемом участке может с полным основанием улучшить водный режим.

3. Использование для химической мелиорации углекислой извести, находящейся в лессе и лессовидных отложениях.

При рекультивации рекомендуется все неблагоприятные породы уложить вниз отвалов, прикрыв их породами с более благоприятными свойствами.

4. Землевание применяют в тех случаях, когда при разработке глубоких карьеров образуются только внешние отвалы большой высоты, которые достигнут своей проектной отметки через продолжительное время, часто измеряемое десятками лет, нет смысла складировать почву, особенно такую богатую и плодородную, как чернозем, и держать ее непроизводительно в буртах много лет. В этом случае возможно собранной гумусированной массой чернозема улучшить малопродуктивные почвы.

5. Улучшение свойств пород их смешиванием. Например, смешивание красно-бурых глинистых отложений с ниже залегающими третичными рыхлыми песками. Каждая из этих пород в отдельности из-за очень тяжелого или легкого механического состава обладает неблагоприятными свойствами. Смесь их приведет к улучшению водно-физических и других свойств.

Одним из биологических способов восстановления земель после открытых горных работ является их облесение.

Как показал опыт, при создании массивных лесных насаждений на отвалах для обеспечения широкой механизации лесокультурных работ и предупреждения водной эрозии горным предприятиям необходимо проводить сплошное разравнивание отвалов, придавая поверхности равнинный или равнинно-волнистый характер. Уклоны при этом не должны превышать 3° . В противном случае сильно развивается плоскостная и линейная эрозии (вплоть до появления оврагов). Кроме сплошного разравнивания по согласованию с будущим землепользователем в определенных случаях (например, при ландшафтном формировании местности) можно прибегать к частичному разравниванию, срезая вершины гребней отвалов, образуя горизонтальные площадки шириной не менее 8 м, где можно механизированным путем провести посадку лесных культур.

На отвалах, рекультивируемых для лесного и сельского хозяйства, необходимо создавать лесные насаждения различного целевого назначения, противоэрозионные посадки на склонах и откосах, полезащитные полосы, насаждения зеленых зон и т. д. Общим для всех указанных категорий лесонасаждений на отвалах является выполнение мелиоративных функций.

Из-за бедности грунтов отвалов на первом этапе лесной рекультивации следует выращивать лишь мало-среднетребовательные деревья и кустарники, не обеспечивающие получения деловой древесины.

1.5. Горно - техническая рекультивация при бестранспортной системе разработки

Бестранспортная система разработки, отличаясь высокой экономичностью, не всегда способствует эффективному выполнению горнотехнической рекультивации внутренних отвалов.

Известные схемы наиболее распространенной усложненной бестранспортной системы разработки по месту установки экскаваторов разделяются на три группы (рис. 1).

Организация работы оборудования в каждой группе технологических систем по-разному влияет на рекультивацию.

Класс системы	Место установки экскаваторов	Общий вид схемы
I	На вскрышном уступе (Черемховская схема)	
II	На предотвале (Райчихинская схема)	
III	На вскрышном уступе и предотвале (Украинская схема)	

Рис. 1. Схемы бестранспортной системы разработки

Требования, предъявляемые к горнотехнической рекультивации: раздельная укладка пород вскрыши в выработанное пространство и создание спланированной поверхности отвалов, то выполнение максимума требований в процессе производства вскрышных работ можно осуществить при схемах с установкой экскаваторов только на предотвале или на вскрышном уступе.

Последнее объясняется тем, что потенциально плодородные породы вскрыши, размещать которые необходимо в верхней части отвалов, расположены в целике также у поверхности. В схемах с установкой экскаватора только на предотвале или на вскрышном уступе первоначально экскавируется верхняя часть и размещается в предотвал, прилегающий к внутренним отвалам или вскрышному уступу и служащий для размещения экскаватора. После экскавации и укладки в отвал нижней части наносов в верхнюю часть отвалов переэкскавируют породы предотвала. Таким образом, требованию размещения максимальных объемов потенциально плодородных пород отвалов для рассматривания схем соответствуют паспорта горных работ с большими объемами переэкскавации.

1.6. Схемы установки экскаваторов на предотвале и вскрышном уступе

Наиболее распространенные схемы установки экскаваторов на предотвале и вскрышном уступе (рис. 2) отличаются более сложной организацией работы оборудования, поскольку экскавация наносов осуществляется в забоях двух экскаваторов, и последовательность укладки вскрыши в отвалах не всегда способствует их эффективной рекультивации. При рассматриваемой технологической схеме экскаватор, установленный на вскрышном уступе, разрабатывает верхнюю часть вскрышной заходки и укладывает породу в нижний ярус отвала (первичный отвал). Нижняя часть заходки разрабатывается и укладывается непосредственно во второй ярус отвала отвальным экскаватором совместно с объемами переэкскавации части первичного отвала, расположенного вне контуров отвальной заходки.

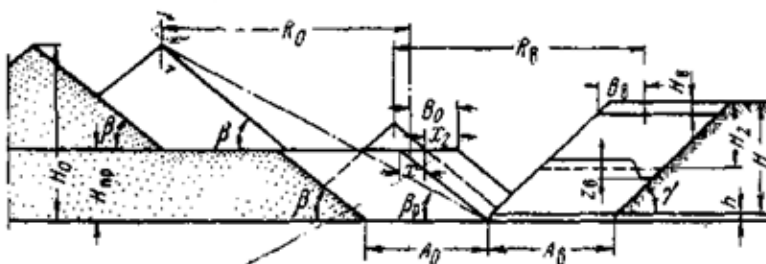


Рис. 2. Схема усложненной безтранспортной системы разработки при установке экскаваторов на вскрышном уступе и предотвале:

x_1 – расстояние по горизонтали от верхней бровки предотвала до откоса первичного отвала, отсыпаемого экскаватором с радиусом разгрузки R_0 ; Значения x_1 могут быть положительными (породы первичного отвала засыпаются частично или полностью откос добычного и вскрышного уступов) и отрицательными (породы первичного отвала размещаются в выработанном пространстве полосой, меньшей A_0). Индекс x_2 соответствует дополнительной ширине предотвала, отсыпаемого экскаватором с радиусом разгрузки R_0 для создания безопасной ширины рабочей площадки

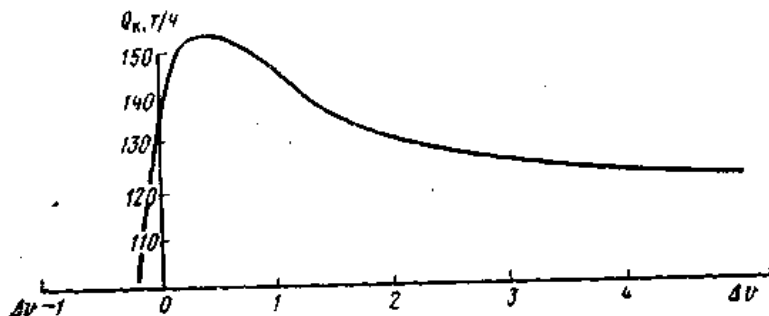


Рис. 3. Подготовленные к выемке запасы полезного ископаемого при различных относительных скоростях движения экскаваторов вдоль фронта работ.



Рис. 4. Влияние коэффициента K_c на подготовленные к выемке запасы полезного ископаемого

Минимальная мощность почвообразующих пород в целике, при которой возможна селективная их отсыпка в отвал без изменения параметров бестранспортной системы, определяется из следующих условий.

1. Почвообразующие породы после планировки их на отвале должны иметь мощность 1,5 м. При отсыпке широких заходок

$$H_{\pi_{\min}} \geq 0,25 A \operatorname{tg} \beta + 1,5, \quad (1)$$

где β – угол откоса отвала, градус.

2. Объем почвообразующих пород на 1 м фронта работ у поверхности верхнего яруса отвала (S_n) не должен превышать объема переэкскавации в схеме $S_n K_a A H_n k_p$, где K_n – коэффициент переэкскавации.

Невыполнение указанного неравенства потребует увеличения объемов переэкскавации для осуществления селективной отсыпки почвообразующих пород необходимым слоем и вызовет снижение величины вскрытых запасов полезного ископаемого.

3. Объем почвообразующих пород на уступе должен быть достаточным для того, чтобы перекрыть ими верхний ярус отвалов:

$$k_p A H_n \geq S_n, \quad (2)$$

где k_p – коэффициент разрыхления пород вскрыши в отвале. Объем почвообразующих пород на поверхности верхнего яруса отвала в общем виде определяется по формуле

$$S_n = H_n^2 (0,25 - \cos \beta) \operatorname{ctg} \beta + H_n \cdot [0,5 A + (H_o - H_{np}) \operatorname{ctg} \beta \cos \beta], \text{ м}^3, \quad (3)$$

где H_n – мощность почвообразующих пород, м; A – ширина заходки; H_{np} – высота предотвала, м; H_o – высота отвала, м.

Минимальная мощность слоя почвообразующих пород на уступе, обеспечивающая раздельную их укладку в отвал слоем не менее $H_n = 1,5$ м, определилась равной 8–9 м.

Минимальная мощность почвообразующих пород в верхней части наносов составляет в основном не менее 8–10 м, т. е. практически на большинстве карьеров возможна раздельная отсыпка отвалов без изменения параметров безтранспортной системы.

1.7. Формирование отвалов при транспортно-отвальной системе разработки

Опыт работы карьеров при транспортно-отвальной системе разработки горизонтальных месторождений полезных ископаемых показал, что устойчивость внутренних отвалов

обеспечивается при: обоснованном выборе вскрышного оборудования параметров системы разработки; правильном установлении углов, откосов и отвалов; распределении земляных масс, обеспечивающих максимальную устойчивость пород вскрыши в отвале; предохранении отвалов от обводнения; предотвращении деформаций оснований отвалов.

Выполнение перечисленных мероприятий, в общем, сводится к управлению отвалами. Для условий большинства месторождений с мягкими покрывающими породами «отсыпка» отвалов в один ярус при их высоте 35–40 м и более, как правило, не может быть осуществлена, поскольку устойчивый угол откоса отвала при этом значительно ниже угла сползания пород при отсыпке их по гребню.

Схема управления высокими отвалами зависит от конструктивных особенностей отвалообразующих машин (рис. 5).

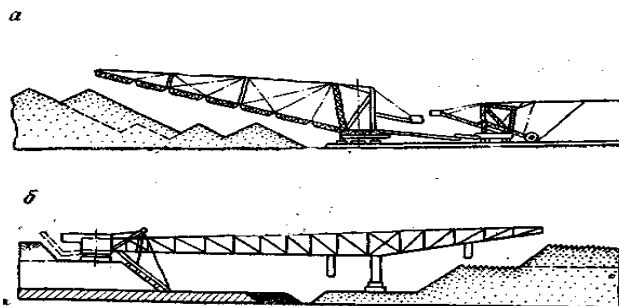


Рис. 5. Схемы отсыпки отвалов при транспортно-отвальной системе разработки:

а — при работе консольного отвалообразователя;

б — то же, транспортно-отвального моста

Современные поворотные консольные отвалообразователи позволяют управлять устойчивостью отвалов путем придания их откосам необходимого угла наклона в зависимости от горно-геологических условий залегания и физико-механических свойств пород. Так как разгрузка грунта осуществляется только с конца отвальной консоли, каждый ярус отсыпают при повороте отвалообразователя в плане.

При работе транспортно-отвалных мостов многоярусные отвалы создаются с помощью промежуточных разгрузочных пунктов.

Характер размещения пород вскрыши во внутренний отвал зависит также от порядка их выемки и отсыпки. В случае применения цепных многоковшовых экскаваторов верхнего и нижнего черпания раздельная разработка толщи наносов, как правило, приводит к снижению их производительности. Роторным экскаватором возможно раздельно обрабатывать вскрышу без снижения его производительности.

При этом удастся образовать устойчивые отвалы путем размещения в их основании песчаного подступа, а на поверхности – почвообразующего слоя.

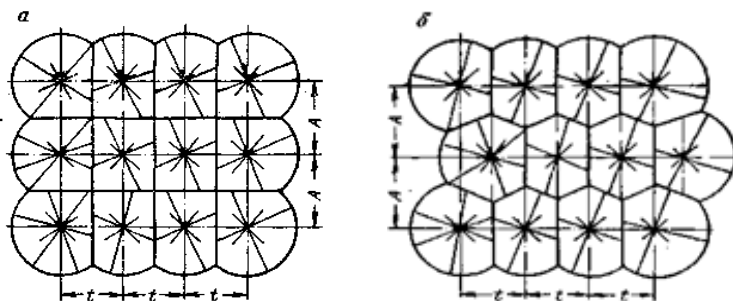


Рис. 6. Схемы расположения гребней отвалов двух смежных заходов
а – расположение смежных гребней на одной оси, б – то же, со смещением на величину $0,5 t$

Производство вскрышных работ отдельными заходками приводит к образованию «провалов» на поверхности внутренних отвалов. Расстояние между смежными заходками зависит от типа применяемого экскаватора (роторный или цепной), технологической схемы работы всего комплекса, производственной мощности карьера по полезному ископаемому и продолжительности простоя вскрышных машин зимой, длины фронта карьера и т. д.

При обработке пород вскрыши одной заходкой также наблюдается неравномерная отсыпка отвала по фронту работ.

Исключение составляет схема отсыпки внутренних отвалов транспортно-отвальной мостом на ж/д ходу при погрузке породы на конвейеры с помощью цепных экскаваторов.

Таким образом, в общем случае поверхность отвалов при транспортно-отвальной системе разработки представлена рядами конусов, т. е. емкость отвала до максимальных его отметок заполнена не полностью. При горнотехнической рекультивации образованные конусы необходимо планировать с применением вспомогательного оборудования.

При параллельном перемещении фронта работ на отвале отдельные его гребни, отсыпаемые на расстоянии друг от друга, в смежных заходках могут занять любое из двух крайних положений (рис. 6), отличающихся минимальным и максимальным заполнением емкости отвала. Сокращение емкости отвала при его отсыпке гребнями увеличивает объем работ вспомогательного оборудования по планировке поверхности. В общем виде объемпланировочных работ выглядит следующим образом:

$$V_{пл} = 0,5 V_{прt}, \text{ м}^3, \quad (4)$$

где $V_{прt}$ – объем провалов в отвале на площади одного шага перемещения гребня, равной At , м^3 . В свою очередь, объем «провалов»:

$$V_{прt} = \frac{V_{пр\min} + V_{пр\max}}{2}, \text{ м}^3, \quad (5)$$

$V_{пр\min}$ и $V_{пр\max}$ – соответственно минимальный и максимальный объемы «провалов», м^3 .

Введя коэффициент заполнения емкости отвалов (высотой H_0) можно начальное выражение для определения объема планировочных работ

$$K_3 = \frac{AH_0 t - V_{прt}}{AH_0 t}, \quad (6)$$

представить так:

$$V_{пл} = 0,25 H_0 At [2 - (K_{3\min} + K_{3\max})], \text{ м}^3. \quad (7)$$

1.8. Рекультивация экскаваторных отвалов при транспортной системе разработки

Для повышения эффективности рекультивации и качества восстанавливаемых земель на первом этапе – раздельное размещение пород в отвале предполагается осуществлять в процессе производства вскрышных работ на карьере.

В свою очередь производство работ по рекультивации поверхности оказывает определенное влияние на технологию добычи полезных ископаемых. Поэтому для обеспечения максимальной эффективности работы горного предприятия необходимо, совмещая во времени горно-вскрышные работы и рекультивацию отвалов, так планировать организацию их выполнения, чтобы рекультивация существенно не изменяла: технологию ведения вскрышных работ; вид транспорта и принятые расстояния транспортирования вскрыши; технологию ведения отвальных работ.

При отработке пород вскрыши на горизонтальном месторождении несколькими уступами с транспортированием железнодорожным транспортом во внешние или внутренние отвалы возможно раздельно размещать на их поверхности почвообразующий слой.

При многоярусном формировании отвалов раздельная укладка пород в отвал может производиться по двум схемам: 1 – почвообразующие породы размещаются только в верхние ярусы отвалов; 2 – в верхние ярусы отвалов раздельно укладывают сверху почвообразующие породы. В свою очередь, для повышения эффективности рекультивации одноярусных отвалов необходимы почвообразующие и токсичные (засоленные) породы размещать раздельно в одном ярусе.

Поскольку загрузка почвообразующих пород в железнодорожные составы, как правило, осуществляется на одном горизонте и раздельно от токсичных пород, то с точки зрения технологии и организации работ первая схема формирования отвалов практически не отличается от валового складирования наносов.

Раздельное размещение почвообразующих и токсичных пород в одном ярусе отвалов безусловно повлияет на технологию горных работ по сравнению с валовым способом формирования отвального яруса.

Степень влияния определяется в каждом конкретном случае при проектировании горного производства применительно к условиям отдельного месторождения, принятой технологии и механизации горных работ.

Ниже на примере Богдановского марганцеворудного карьера МЧМ СССР показана возможность раздельного формирования верхнего яруса отвалов почвообразующими и засоленными породами вскрыши.

На карьере применяется комбинированная система разработки: нижний (основной) уступ высотой 32–42 м обрабатывается по безтранспортной, верхние (передовые) 3–4 уступа высотой по 10–12 м – по транспортной системе разработки с применением железнодорожного транспорта.

Вскрышные породы во внешние и внутренние отвалы отсыпаются в несколько ярусов.

Исследованиями, проведенными работниками Днепропетровского сельскохозяйственного института (ДСХИ), установлено, что для максимальной эффективности последующей рекультивации отвалов Богдановского карьера целесообразно в процессе отвалообразования в верхний слой отвалов, подлежащих рекультивации, укладывать почвообразующие породы – суглинки палевого цвета мощностью не менее 2–3 м. Анализом технологии вскрышных работ на передовых уступах Богдановского карьера установлено, что данные требования возможно выполнить без существенного изменения технологической схемы производства вскрышных работ. Для этого верхнюю часть последнего яруса отвалов мощностью 4–5 м следует отсыпать из пород самого верхнего вскрышного уступа (выше отметки +66 м), поскольку последние представляют собой смесь лессовидных и темно-бурых суглинков (40–60 % соответственно), являющихся ближайшими заменителями уничтоженных почв.

При существующей технологии экскаваторного отвалообразования на карьере отвальная заходка отсыпается при двух проходах экскаватора вдоль отвального тупика (рис. 7). При первом проходе экскаватор отсыпает основание (V2); при обратном – верхнюю часть отвала (У).

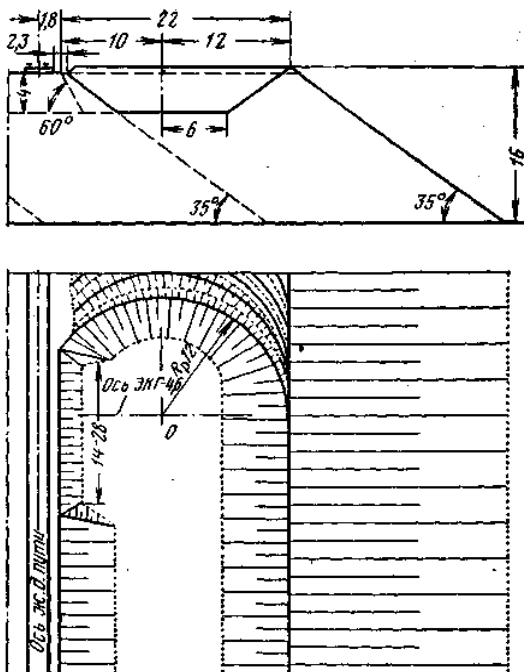


Рис. 7. Схема валовой отсыпки пород в отвал экскаватором ЭКГ-4,6

1.9. Раздельная отсыпка потенциально плодородных пород отвалообразователем при двухъярусном отвалообразовании

Данная технологическая схема рассматривается на примере карьера, где по транспортной системе обрабатывается передовой уступ. Роторный экскаватор на передовом уступе каждую заходку обрабатывает с разделением ее по высоте на подступы. Число подступов зависит от высоты передового уступа, состоящего из двух слоев пород: почвообразующих и неплодородных. Как правило, при последовательной отработке забоя сверху вниз отдельными подступами на конвейер поступают раздельно: вначале *почвообразующие*, а затем *неплодородные* породы. Отвалообразователем горная масса укладывается последовательно в нижний и верхний ярусы.

На отвале почвообразующие и неплодородные породы смешиваются в неоднородную грунтовсмесь.

Для раздельной укладки пород рекомендуется отсыпать их на верхнем ярусе в двух направлениях: неплодородные породы впереди по ходу движения отвалообразователя, почвообразующие – сзади отвалообразователя (рис. 8).

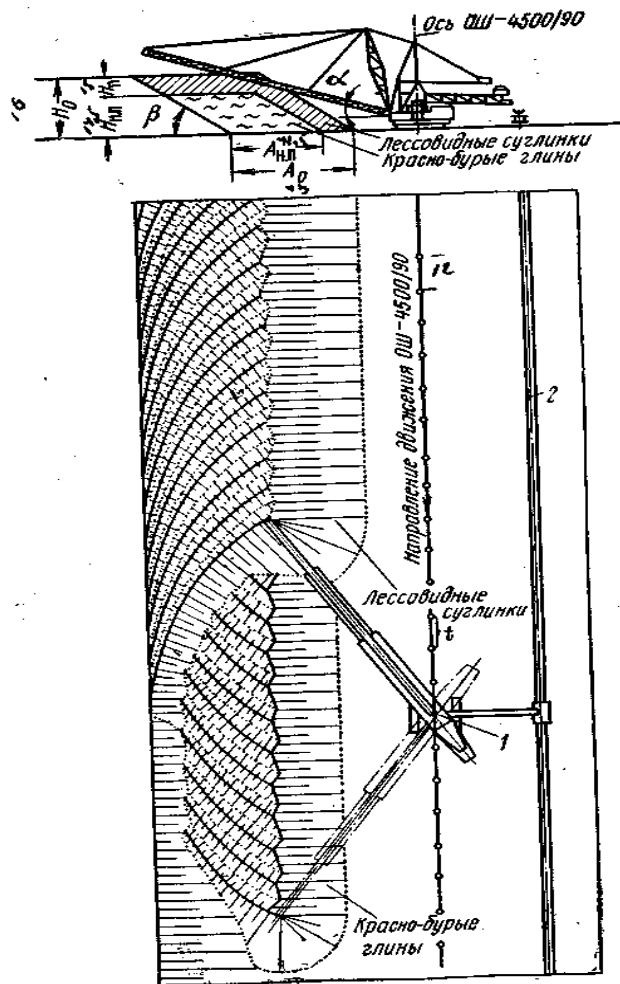


Рис. 8. Схема раздельной укладки пород в верхний ярус отвала:
1 – отвалообразователь ОШР-4500/90; 2 – ленточный конвейер

Для совмещения операций по перешагиванию отвалообразователя и переезду роторного экскаватора к отработке следующего блока необходимо обрабатывать такой объем пород, который возможно разместить из одного пункта стояния отвалообразователя.

Объем рабочего блока по ширине заходки отвалообразователя при отсыпке неплодородных пород в верхний ярус впереди по ходу движения машины определяется по формуле

$$V_{н.п} = H_{н.п} A_{н.п} t, \text{ м}^3, \quad (8)$$

где $H_{н.п}$ — высота отвала по неплодородным породам, м;
 $A_{н.п}$ — ширина отвальной заходки по неплодородным породам, м;
 t — расстояние между двумя точками стояния отвалообразователя, м.

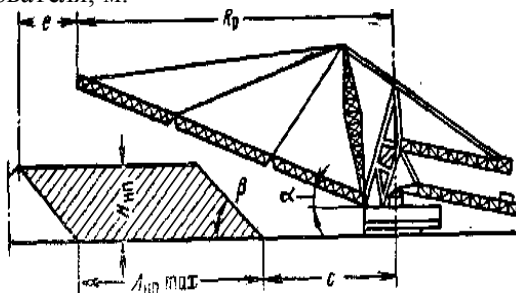


Рис. 9. К определению параметров заходки, отсыпаемой отвалообразователем

1.10. Технологическая схема отсыпки верхнего яруса отвалов

Технологическая схема отсыпки верхнего яруса отвалов предусматривает перераспределение неплодородных пород в его основание. Площадь поперечного сечения неплодородных пород в отвале под консолью отвалообразователя определяется его параметрами (рис. 9):

$$A_{н.п.мах} = e + R_p - c - H_{н.п} \operatorname{ctg} \alpha, \text{ м}, \quad (9)$$

где e – расстояние свободного перемещения грунта от оси разгрузочного барабана конвейера отвальной консоли до гребня отвала ($e = 4,5-7$ м); R_p – радиус разгрузки отвалообразователя, м; c – минимальное безопасное расстояние от нижней бровки отвала до отвалообразователя, м; α – угол подъема отвальной консоли, $\alpha = 18^\circ$.

Минимальный объем неплодородных пород, отсыпаемых на 1 м верхнего яруса отвалов:

$$S_{н.п} = H_{н.п} (H_{0_{\max}} - H_{н.п}) \operatorname{ctg} \alpha, \text{ м}^3, \quad (10)$$

при условии, что:

$$A_{\max} \geq A_{н.п} = (H_{0_{\max}} - H_{н.п}) \operatorname{ctg} \alpha, \text{ м}, \quad (11)$$

где $H_{0_{\max}}$ – максимально возможная высота отсыпки отвала под углом α при условии расположения отвальной консоли на безопасном расстоянии Δh_0 от бровки отвала, м;

$$H_{0_{\max}} = H_p + \operatorname{ctg} \alpha - \frac{\Delta h_0}{\cos \alpha}, \text{ м}, \quad (12)$$

где H_p – максимальная высота разгрузки отвалообразователя, м;

$$H_p = L_k \sin \alpha + h_n, \text{ м}, \quad (13)$$

где L_k – длина отвальной консоли отвалообразователя, м; h_n – высота подвески консоли, м.

Как видно из рис. 10, объемы неплодородных пород впереди и сзади по ходу движения отвалообразователя укладывают двумя неравными частями: впереди – основной объем и сзади в заходку шириной 7 м.

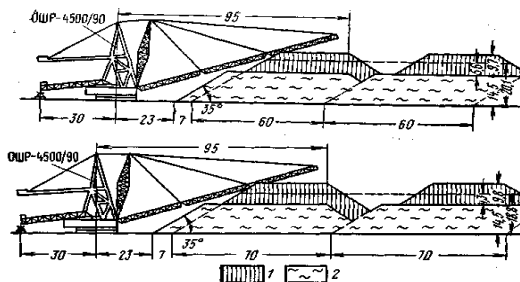


Рис. 10. Паспорт раздельной отсыпки верхнего яруса отвала:
а – при ширине заходки 60 м; б – то же, 70 м

Высота верхнего яруса после отсыпки почвообразующих пород зависит от высоты слоя, вынимаемого роторным экскаватором, ширины заходки на отвале и составляет в среднем 24, 25 м при ширине заходки 60 и 70 м.

Средняя высота верхнего яруса отвала после планировки его поверхности составит 20,1–18,8 м при мощности почвообразующих пород 5,6–4,3 м.

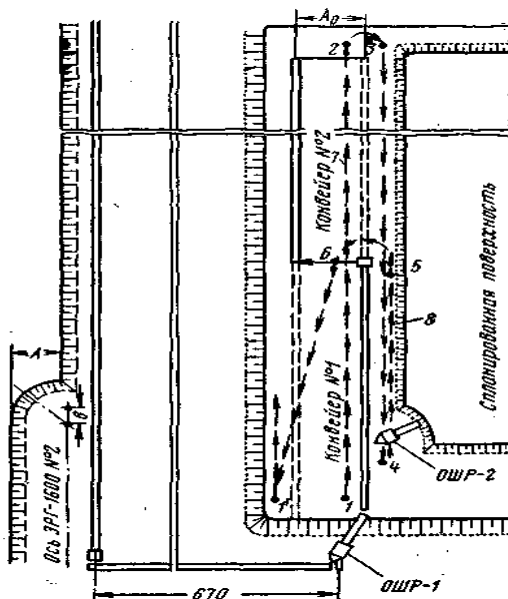


Рис. 11. Организация работы отвалообразователя при раздельной отсыпке отвалов:

1 – лессовидные суглинки; 2 – красно-бурые глины;
7 – рабочий ход ОШР-2; 8 – холостой ход ОШР-2 в положение
3 для начала работ по отсыпке верхнего яруса.

В положении 4 отвалообразователь заканчивает отсыпку верхнего яруса и холостым ходом перемещается в положение 5 у приводной станции первого отвального конвейера, обходит его и перемещается в положение 1 для отсыпки новой заходки

Общая схема организации работ по отсыпке нижнего и верхнего ярусов отвала и переход на отсыпку новой заходки представлены на рис. 11. Показаны характерные положения

отвалообразователя при отсыпке отвалов на ширину одной заходки. Положение соответствует началу работ по отсыпке нижнего яруса отвала. В точке 2 заканчивается отсыпка нижнего яруса, и отвалообразователь, огибая приводную станцию последнего конвейера.

1.11. Снятие и транспортирование чернозема колесными скреперами

Более широкое распространение получают колесные скреперы, особенно на снятии и транспортировании плодородного слоя. Колесные скреперы большой емкости являются высокопроизводительными и эффективными машинами, которые выполняют весь цикл работ по рекультивации земель.

Ниже приводятся возможные технологические схемы работы колесных скреперов на снятии, транспортировке и укладке чернозема применительно к карьерам, разрабатывающим горизонтальные месторождения, с внутренними отвалами.

Схема I. По этой схеме (рис. 12, а) чернозем снимается, транспортируется и разгружается колесным скрепером на поверхности рекультивируемого участка за один цикл. Работы производятся в следующем порядке:

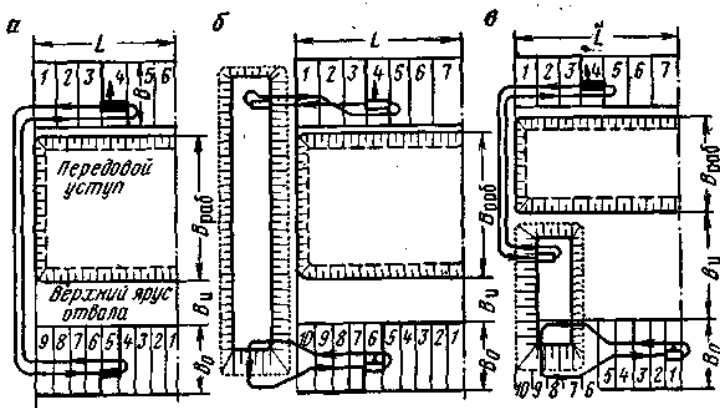


Рис. 12. Возможные схемы снятия, транспортирования и укладки чернозема на рекультивируемой поверхности скреперами

Фронт работ на передовом (верхнем) уступе делится на два примерно равных участка. Чернозем снимается на запланированную величину подвигания горных работ B .

На каждом участке площадь разбивается на блоки шириной, равной расстоянию загрузки скрепера. Порядок снятия чернозема отмечен цифрами на рис. 12, *а*.

Средняя длина транспортирования чернозема скрепером составляет

$$L_{mp} = 0,5 (B + B_0 + L) + B_{pab} + B_u + 3c_1, \text{ м}, \quad (14)$$

где B – запланированная длина подвигания передового уступа, м; B_0 – ширина участка на отвале, покрываемого черноземом, м; B_{pab} – ширина рабочей зоны карьера, м; B_a – ширина отвала с интенсивной осадкой поверхности, м; L – полная длина фронта работ на передовом уступе, м; c – безопасное расстояние от забоя или трассы движения скрепера до бровки передового уступа, м.

Схема II. По этой схеме (рис. 12, *б*) чернозем первоначально складывается вдоль нерабочего борта карьера. При этом склад должен иметь минимальную ширину, чтобы под него задалживать как можно меньшую площадь земель.

По мере подвигания фронта горных работ для покрытия отвала черноземом последний транспортируют со склада кратчайшим путем.

Схема III. По этой схеме плодородный слой снимают, транспортируют и разгружают на временный склад, расположенный на отвале (рис. 12, *в*). После интенсивной осадки отвала плодородный слой со склада доставляют колесными скреперами на рекультивируемую площадь.

Среднее расстояние транспортирования плодородного слоя от забоя до склада:

$$l_{tp1} = 0,5 (B + B_0 + L + l_c) + 3c_1, \text{ м}, \quad (15)$$

а со склада на рекультивируемую площадь:

$$l_{tp2} = 0,25 L - 0,5 l_c, \text{ м}, \quad (16)$$

где l_c – средняя ширина склада, м.

Каждая из рассматриваемых схем имеет свои достоинства и недостатки. При первой схеме организация работ простая, не требуется дополнительной площади под временный склад, но длина транспортирования большая.

Вторая схема отличается минимальной длиной транспортирования, но при ее применении требуется дополнительная площадь для хранения плодородного слоя и усложняется работа колесного скрепера из-за использования его для разгрузки и загрузки почвы на временном складе.

При третьей схеме длина откатки короче, чем при первой, и не требуется дополнительной площадки для хранения плодородного слоя. Однако работа здесь усложняется из-за организации временного склада.

Для оценки приведенных технологических схем рассмотрены два варианта расчетов основных технико-экономических показателей работы скреперов на карьерах.

Вариант 1 – карьер с параметрами: длина передового уступа $L = 2000$ м; ширина рабочей зоны карьера $B_{\text{раб}} = 1200$ м; годовое подвигание фронта горных работ $B = 200$ м; $B_{\text{н}} = 400$ м. Эти параметры характерны для современных карьеров, разрабатывающих горизонтальные месторождения полезных ископаемых.

Вариант 2 – карьер с параметрами: $L = 800$ м; $L_{\text{раб}} = 200$ м; $B = 90$ м; $B_{\text{н}} = 180$ м. Данные параметры характерны для небольших карьеров по добыче строительных материалов.

В обоих примерах рассмотрена возможность использования двух наиболее мощных скреперов: самоходного Д-302 с ковшом емкостью 13 м^3 и прицепного Д-511 с ковшом ёмкостью 15 м^3 (табл. 3).

Таблица 3

Вариант	Скрепер	Производительность скрепера (Q , $\text{м}^3/\text{ч}$) и затраты (Z , коп/ м^2) по схемам					
		I		II		III	
1	Д-511	130	27	248	14	137	26
	Д-302	224	13	376	8	220	14
2	Д-511	360	10	428	8	288	12
	Д-302	554	5	540	5.4	405	7.4

Как видно из приведенных расчетных данных, на выбор экономической схемы работы скрепера влияют параметры карьера и тип скрепера. Так, на карьерах с большими размерами в плане с применением рассмотренных типов скреперов наиболее экономически выгодной является схема II. На карьерах с небольшими размерами в плане наихудшей является схема III. Лучшие показатели наблюдаются при схемах I и II.

1.12. Техничко-экономическая оценка схем выполаживания откосов

Объем работ по выполаживанию откосов не зависит от того, используется ли для выполаживания отвальное оборудование или специальное, и определяется по формуле

$$W_v = W_{уд} L, \text{ м}^3, \quad (17)$$

где $W_{уд}$ — объем работ по выполаживанию на 1 м длины откоса, L — длина откоса, подлежащего выполаживанию, м.

Удельный объем работ по выполаживанию зависит от высоты яруса (насыпи), принятого угла выполаживания, угла естественного откоса пород и направления выполаживания (перемещения породы по откосу).

При выполаживании снизу вверх объем переукладываемой породы больше, чем при выполаживании сверху вниз.

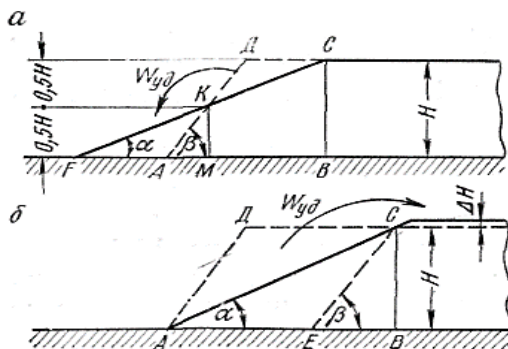


Рис. 13. Схема к определению объема выполаживания откоса ВОЗ планировочных работ при выполаживании откоса сверху вниз (а), можно сверху вниз и снизу вверх (б)

Выполаживание снизу вверх вызывает увеличение высоты отвала в приоткосной части. В случае же выполаживания сверху вниз увеличивается площадь, занимаемая откосом отвала. При выполаживании сверху вниз удельный объем выполаживания на 1 м длины откоса численно равен площади треугольника КДС (рис. 13), т. е.

$$W_{\text{уд}} = \frac{H^2}{8} (\text{ctg } \alpha - \text{ctg } \beta), \text{ м}^3, \quad (17)$$

где H – высота яруса (отвала), м.

При выполаживании снизу вверх:

$$W_{\text{уд}} = 0,5H^2 (\text{ctg } \alpha - \text{ctg } \beta), \text{ м}^3/\text{м}. \quad (18)$$

Сравнение формул (17) и (18) показывает, что при выполаживании откоса сверху вниз объем работ в 4 раза меньше, чем при выполаживании снизу вверх.

Технико-экономические показатели работы драглайнов при возведении насыпей по схемам, совмещающим выполаживание откосов, зависят от среднего угла поворота драглайна, времени работы его с этим углом, объема работ по выполаживанию и угла выполаживания откоса. Последний предопределяет средний угол поворота драглайна.

Расчеты подтверждают целесообразность совмещения возведения насыпей и выполаживания откосов. При этом меньшие затраты соответствуют схемам возведения насыпей двухъярусных отвалов.

Расчеты затрат на выполаживание откоса бульдозерами выполнялись при длине насыпи 1500 м, продолжительности рабочей смены 8 ч, коэффициенте использования бульдозеров во времени $R_B = 0,8$, коэффициенте разрыхления породы $K_p = 1,2$. В расчетах использованы укрупненные стоимостные параметры Центрогипрошахта: Γ – объем плодородных пород на площади, м^3 ; Π – запасы полезного ископаемого на той же площади, т. Установлено, что при высоте навала от 10 до 40 м, наименьшие эксплуатационные и приведенные затраты на выполаживание 1 га откоса соответствует бульдозеру Д-572.

Одна из схем селективного отвалообразования при комбинированной системе разработки, гарантирующая создание сельскохозяйственных угодий, показана на рис. 14. Эта схема

формирования отвала требует больших материальных затрат. В практике формирования отвалов (валовым или селективным способом) при бестранспортном или транспортно-отвальном перемещении вскрышных пород могут применяться и другие схемы.

Формирование экскаваторных отвалов при железнодорожном транспорте с учетом последующей рекультивации их поверхности обязывает вести селективную укладку породы в экскаваторную заходку. В нижний подступ укладывают токсичные породы, а в верхний – на полную его высоту или частично отсыпают породы, представляющие ценность в лесохозяйственном или сельскохозяйственном отношении (рис. 14, а). Практика показывает, что в организационно-технологическом отношении эта схема наиболее рациональна и не требует существенной перестройки отвальных и вскрышных работ.

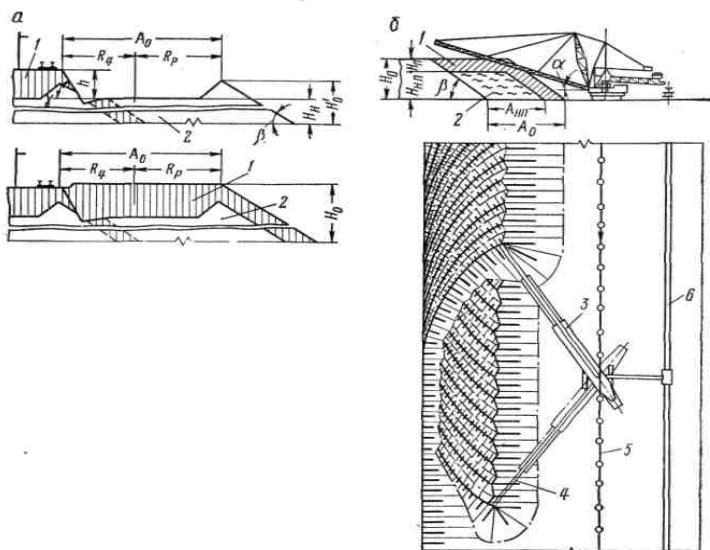


Рис. 14. Схемы селективной укладки пород в отвальную заходку (по В. С. Эскину):

а – при экскаваторном отвалообразовании; *б* – с применением консольного отвалообразователя; 2 – соответственно плодородные и токсичные породы вскрыши; 3, 4 – положения стрелы отвалообразователя соответственно при укладке плодородных и токсичных пород; 5 – ось хода отвалообразователя; 6 – отвальный конвейер

1.13. Методика определения затрат на рекультивацию земель

Методика расчета общих затрат [5–7]. Затраты на компенсацию ущерба от изъятия земель из сельскохозяйственного использования определяются по формуле

$$\sum_{i=1}^{i=T} 3_i = (P_{\kappa} + P_0) a_3 T, \text{ тг}, \quad (19)$$

где P_{κ} – площадь горного отвода карьера, га; P_0 – площадь горного отвода внешних отвалов, га; a_3 – средняя годовая прибыль с 1 га при сельскохозяйственном использовании земель, руб; $T = 10$ ч– 15 – расчетный период, годы.

На участках, предназначенных для ведения горных работ, снимается почва, объем которой определяется по формуле

$$\sum_{i=1}^{i=k} V_c = P_i m_c (1 + \delta), \text{ м}^3, \quad (20)$$

где P_i – площадь i -го участка горного отвода, м^2 ; m_c – мощность снимаемой почвы, м; $\delta = 0,05$ – $0,1$ –коэффициент потерь почвы.

До момента начала рекультивации нарушенных земель почва складывается во временные отвалы, площадь которых определяется по формуле

$$P_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} V_i}{H_{\text{в}}}, \text{ м}^2, \quad (21)$$

где $H_{\text{в}}$ – высота временного отвала, м.

Объем плодородного слоя, необходимый для проведения рекультивации:

$$V_{\text{р}} = S_{\text{р}} m_{\text{р}}, \text{ м}^3, \quad (22)$$

где $m_{\text{р}}$ – мощность слоя почвы, укладываемого на поверхности отвала, м;

S_p – площадь рекультивируемого участка, м². Затраты на снятие почвы:

$$Z_c = N_{cm} S_{m-c}, \text{ тг.}, \quad (23)$$

где S_{m-c} – стоимость машино-смены оборудования, тг;
 N_{cm} – число смен, необходимых для снятия почвы;

$$N_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^k V_i}{Q_{cm}}; \quad (24)$$

Q_{cm} – сменная производительность оборудования, м³.

Затраты на погрузку почвы в транспортные сосуды:

$$Z_n = V_n S_n k, \text{ тг.}, \quad (25)$$

где V_n – объем погруженной почвы, м³; S_n – затраты на погрузку 1 м³ почвы, тг; k – коэффициент, учитывающий кратность перевозки почвы (для схем с промежуточными отвалами $k = 2$; при прямом транспортировании почвы из забоя на рекультивируемый участок $k = 1$).

Затраты на транспортирование почвы:

$$Z_r = \sum_{i=1}^{i=k} V_i \gamma d l_r, \text{ тг.}, \quad (26)$$

где γ – плотность почвы, т/м³; d – затраты на транспортирование, l_m – расстояние транспортирования, км.
 Затраты на планирование поверхности отвала:

$$Z_{пл} = V_{пер} (1 + \varphi) a_{пл}, \text{ тг.}, \quad (27)$$

где $V_{пер}$ – объем первичной планировки, м³;

$\varphi = 0,24 - 0,3$ – коэффициент, учитывающий вторичную планировку отвала; $a_{пл}$ – затраты на планировку 1 м³ породы, тг.

Затраты на планировку уложенной на поверхности отвала почвы:

$$Z_{п.п} = V_{п.п} a_{п.п}, \quad (28)$$

где $V_{п.п}$ – объем спланированной почвы, м³.

Общие затраты на планировку поверхности отвала:

$$\Sigma Z_{\text{пл}} = a_{\text{пл}} [V_{\text{пер}} (1 + \varphi) + V_{\text{п.т}}], \text{ тг.}, \quad (29)$$

Затраты на выполаживание откосов:

$$Z_{\text{в}} = a_{\text{в}} V_{\text{в}}, \text{ тг.}, \quad (30)$$

где $a_{\text{в}}$ – затраты на выполаживание 1 м³откоса, тг;
 $V_{\text{в}}$ – объем работ по выполаживанию, м³.

Затраты на химическую мелиорацию:

$$Z_{\text{м}} = \sum_{i=1}^{i=k} S_{\text{pi}} q_1, \text{ тг.}, \quad (31)$$

где q_1 – затраты на химическую мелиорацию 1 га земель, тг.;

S_{pi} – площадь отвала, подлежащая мелиорации, га.

Затраты на строительство подъездных дорог:

$$Z_{\text{д}} = \sum_{i=1}^{i=k} l_{\text{д}i} P, \text{ тг.}, \quad (32)$$

где P – затраты на строительство 1 км дороги, тг.;

$\ell_{\text{д}i}$ – общая протяженность дорог к рекультивируемым участкам, км.

1.14. Методика расчета затрат на горно техническую рекультивацию откосов отвала

Совмещение рекультивационных работ с отвальными приводит к увеличению удельных затрат на отвалообразование. Так как основным элементом горнотехнической рекультивации является выполаживание откосов отвалов, то связанные с этим затраты должны рассматриваться как затраты на горнотехническую рекультивацию откосов [7, 8].

Затраты на укладку пород в отвал увеличиваются с уменьшением его высоты. Для условий рассматриваемой технологии увеличение затрат на укладку 1 м³ породы в откос экскаваторным способом при изменении высоты заходки (H_0 до ΔH) обусловлено двумя основными причинами.

Первой причиной является увеличение объема путепереукладочных работ на 1 м^3 породы, уложенной в откос отвала:

$$\frac{\Delta \ell}{\sum_{i=1}^t W_i}, \text{ м}, \quad (33)$$

где $\Delta \ell$ – общее увеличение путепереукладочных работ при отсыпке откосов с уменьшением высоты отвальной заходки, м; W_i – общий объем террас, формирующих откос отвала, м^3 .

Параметр $\Delta \ell$ определяется как разность между объемом путепереукладочных работ при отсыпке откосов с уменьшением высоты отвальной заходки и объемом путепереукладочных работ при отсыпке откоса отвала с постоянной высотой и шириной заходки, т. е.

$$\Delta \ell = \frac{\sum_{i=1}^t B l_n}{A} - \frac{\sum_{i=1}^t W_i l_0}{V_H}, \text{ м}, \quad (34)$$

где ℓ_n – средняя длина переукладываемых путей за весь период отсыпки откосов, м; ℓ_0 – длина переукладываемых путей при обычной отсыпке отвалов, м; V_H – объем отвальной заходки шириной A , высотой H и длиной ℓ_0 , м^3 .

Так как $V_H = H A l_0$, то формула (34) примет вид

$$\Delta \ell = \frac{\sum_{i=1}^t B l_0}{A} - \frac{\sum_{i=1}^t W_i}{A H}, \text{ м}. \quad (35)$$

Вторая причина – это снижение годовой производительности отвального оборудования вследствие увеличения числа переукладок пути.

Эксплуатационные затраты на горнотехническую рекультивацию 1 га площади откоса, выполненного по предлагаемой технологической схеме, определяются по формуле

$$C = \frac{\sum_{i=1}^t W_i (C_0 - C_H) + C_{пл}}{S_0}, \text{ тг.}, \quad (36)$$

где C_c – средневзвешенные эксплуатационные затраты на укладку 1 м^3 породы в откос, тг; C_n – эксплуатационные затраты на укладку 1 м^3 породы в отвал при постоянной высоте H и ширине заходки A , тг;

$C_{пл}$ – дополнительные эксплуатационные затраты на планировку верхних подступов при формировании откоса сплошной формы, тг; S_0 – площадь, полученная в результате выполаживания откосной части, га.

Средневзвешенные затраты на укладку 1 м^3 породы:

$$C_c = \frac{\sum_{i=1}^t C_i W_i}{\sum_{i=1}^t W_i}, \quad (37)$$

где C_i – затраты на укладку 1 м^3 породы в i -ю террасу, тг.

Формула (36) рекомендуется для определения эксплуатационных затрат на горнотехническую рекультивацию 1 га площади откоса сплошной формы. При формировании террасного откоса планировка верхнего отвального подступа не производится и поэтому $C_{пл} = 0$.

Приведенные затраты на горно-техническую рекультивацию 1 га откоса:

$$З = \frac{\sum_{i=1}^t W_i (P_c - P_n) + P_{пл}}{S_0} = \frac{\Sigma C + E_n \Sigma K}{S_0} \cdot \frac{t_B}{12}, \text{ тг.}, \quad (38)$$

где P_c – средневзвешенные приведенные затраты на 1 м^3 породы, уложенной в откос, тг.; P_n – приведенные затраты на укладку 1 м^3 породы в отвал постоянной высоты H при ширине заходки A , тг.; ΣK – соответственно эксплуатационные и капитальные затраты, тг.; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат; t_B – продолжительность выполаживания откоса, мес.

При выполаживании откоса имеет место переэкскавация некоторого объема уложенных в отвал пород, вследствие чего увеличиваются затраты на укладку породы в откосную часть. Поэтому при выборе рациональной технологии

целесообразно учитывать следующие показатели: K_d – дополнительные капитальные затраты на приобретение оборудования для выполаживания откосов; $C_y = C_b + C_0$ – удельные затраты на 1 м³ породы, включающие затраты C_b на укладку породы в откос при горно-технической рекультивации и затраты C_0 на укладку породы в отвал; $\Sigma \mathcal{E} = C_y \Sigma W_i$ – суммарные эксплуатационные затраты на укладку пород ΣW_i в откос при отвалообразовании и выполаживании; $k_n = V_o / V_0$ – коэффициент переэкскавации (отношение удельного объема V_B пород, перемещаемого при выполаживании откосов, к емкости V_o отвальной заходки на 1 м длины с нормальными параметрами); t_B – время, затраченное на горнотехническую рекультивацию откосов; $\Sigma \mathcal{Z}$ – общие эксплуатационные затраты на отвалообразование, рекультивацию площади отвала и откосов за период его существования T .

Если выполаживание откосов отвалов выполняется специально приобретаемым оборудованием (бульдозеры, погрузчики, скреперы, планировщики откосов и др.), затраты на рекультивацию 1 га откосов определяются по формулам:

$$\begin{aligned} C &= \frac{\Sigma \mathcal{E}}{S}, \text{ тг}; & \mathcal{Z} &= \frac{\Sigma \mathcal{E} + E_n \Sigma K}{S}, \\ C &= \frac{\Sigma \mathcal{E}}{V}, \text{ тг}; & \mathcal{Z} &= \frac{\Sigma \mathcal{E} + E_n \Sigma K}{V}, \text{ тг.}, \end{aligned} \quad (39)$$

где C , $\mathcal{Z}$ – соответственно удельные эксплуатационные и приведенные затраты, тг./м³; V – объем породы, перемещаемый при выполаживании откосов, м³; S – полезная площадь выположенного откоса, га; $\Sigma \mathcal{E}$, ΣK – соответственно эксплуатационные и капитальные затраты, руб.

При выполаживании откосов отвалов попутно с возведением пионерной насыпи используется оборудование, задалживаемое при ее сооружении. Тогда затраты на рекультивацию можно определить:

$$\begin{aligned} C &= \frac{\Sigma W (C_c - C_n)}{\Sigma W}, \text{ тг/м}^2; & \mathcal{Z} &= \frac{\Sigma W (П_c - П_n)}{\Sigma W}, \\ C &= \frac{\Sigma W (C_c - C_n)}{S}, \text{ тг/га}; & \mathcal{Z} &= \frac{\Sigma W (П_c - П_n)}{S}, \text{ тг./га}, \end{aligned} \quad (40)$$

где ΣW – общий объем породы, уложенный в откос, м^3 ;

P_c, C_c – соответственно средневзвешенные приведенные и эксплуатационные затраты на укладку породы в насыпь, тг./м^3 ;
 P_n, C_n – соответственно средние приведенные и эксплуатационные затраты на укладку породы в насыпь при сооружении ее без учета требований рекультивации, тг./м^3 .

Глава II. ТЕХНОЛОГИЯ ОТВАЛЬНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ

2.1. Общие сведения

Технологический процесс размещения пустых пород и некондиционных руд, удаляемых при разработке и при строительстве, называется отвалообразованием [5–8].

Отвалообразование является важным звеном в комплексе вскрышных работ, потому что, во-первых, объем отвальных работ очень значителен, во-вторых, от организации отвальных работ зависит успешность работы вскрышных экскаваторов и транспортирование вскрыши. В настоящее время расходы на отвалообразование составляют 12–15 % расходов на вскрышные работы, на отвальных работах занято 25–30 % штата рабочих вскрышных участков.

Поэтому совершенствованию этого процесса, выбору рационального способа отвалообразования для того или иного карьера, определению рациональных параметров отвалов придается большое значение и посвящено много исследований. Отвалы подразделяются: по размещению относительно контура карьера – на внутренние и внешние; по типу рабочего оборудования – на плужные, экскаваторные с механическими лопатами, экскаваторные с драглайнами, абзетцерные, бульдозерные с автотранспортом, бульдозерные с железнодорожным транспортом, гидравлические; по стационарности – на временные и постоянные.

В настоящее время работы по размещению породы на отвалах почти полностью механизированы, исключение составляют лишь некоторые вспомогательные операции.

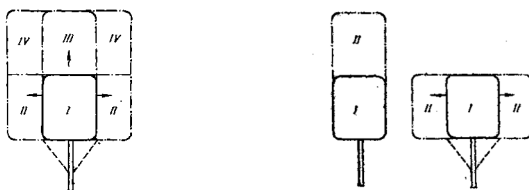


Рис.15. Схемы поэтапного развития отвалов:
I–IV – этапы развития

На выбор способа отвалообразования существенное влияние оказывают оборудования, принятые на вскрышных работах, рельеф местности, а также крепость пород.

Правильно выбранный способ отвалообразования должен обеспечивать: 1) необходимую приемную способность отвала; 2) безопасную работу людей и оборудования на отвалах; 3) низкую стоимость отвальных работ и высокую производительность труда рабочих; 4) достаточно высокую эффективность капитальных затрат.

Отвал должен быть расположен как можно ближе к карьеру, чтобы расстояние транспортирования пород было наименьшее, и вместе с тем рельеф местности должен допускать планомерное развитие отвала с наименьшими объемами первоначальных насыпей. Желательно, чтобы имелся уклон путей в сторону отвала. Площади, занимаемые постоянными отвалами, должны быть безрудными безугольными.

Внешние отвалы занимают большие земельные площади, которые на крупных карьерах достигают 2–3 тыс. га. Если эти площади пригодны для сельского или лесного хозяйства, то размещение отвалов пустых пород на них наносит ущерб, который должен быть возмещен горным предприятием. Поэтому отвалы стремятся располагать на земельных участках, не пригодных для сельского и лесного хозяйства или для более важных промышленных сооружений. Если такие участки расположены на большом расстоянии от карьера, то необходимо выбрать наиболее рациональный вариант, при котором сумма затрат на транспортирование и на компенсацию ущерба от изъятия ценных земель будет минимальной. Другими словами, оптимальный вариант должен удовлетворять условию:

$$Z_{тр} + Z_p + Z_y \rightarrow \min, \quad (41)$$

где $Z_{тр}$ – суммарные затраты на перевозку породы в отвалы за оцениваемый период, обычно равный сроку эксплуатации карьера; Z_p – затраты на рекультивацию земли; Z_y – выплата компенсации за ущерб, наносимый народному хозяйству изъятием земель (в среднем 150–250 тг. в год за 1 га).

Для уменьшения затрат на землю рекомендуется применять поэтапное развитие отвалов (рис.15). Переход от одного этапа к другому осуществляется через 10–12 лет.

2.2. Основные параметры отвалов

К основным параметрам отвалов относятся их высота, длина отвального тупика, приемная способность отвального тупика между смежными передвижками путей, а также приемная способность отвала в целом (объем отвала), число отвальных тупиков, производительность тупика и всего отвала.

Высота отвалов зависит от способа механизации отвальных работ, физико-механических свойств горных пород и рельефа местности, отводимой под отвалы.

Высота отвалов в зависимости от крепости пород и типа применяемого оборудования приведена в табл. 4.

Таблица 4

Способ механизации отвалообразования	Породы		
	Скальные	Плотные устойчивые	Рыхлые глинистые
Отвальные плуги	30	15	10
Одноковшовые экскаваторы	40	30	15
Многочерпаковые отвальные экскаваторы	—	50	—
Бульдозеры	70–100	40–60	20–30

Если необходимы отвалы большей высоты, то их располагают в несколько ярусов. При этом повышается устойчивость отвала и безопасность работы.

Длина отвального тупика при железнодорожном транспорте обычно составляет 1–2 км. Уменьшение длины тупика приводит к сокращению приемной способности тупика и более частым остановкам отвала для передвижки путей. Организация работ при длинных тупиках легче.

Приемная способность отвального тупика – это количество породы, которое можно разместить в отвале между двумя смежными передвижками пути.

Приемная способность 1 м отвального тупика определяется по формуле

$$V = \frac{H_0 B}{K_p}, \text{ м}^3/\text{м}, \quad (42)$$

где H_0 – высота отвала, м; B – шаг передвижки путей, м; K_p – коэффициент разрыхления породы.

Шаг передвижки путей составляет на плужных отвалах 1,5–3 м, на отвалах, оборудованных механическими лопатами, 24–34 м.

На плужных отвалах приемная способность 1 м отвала составляет 30 – 60 м³, а на экскаваторных с механическими лопатами– 500–900м³.

При большой приемной способности отвала обеспечивается более устойчивая равномерная работа транспорта и сокращаются расходы на передвижку путей.

Приемная способность отвала может измеряться не только в объемных единицах, но и по числу составов определенной емкости, которые могут быть разгружены в данный отвал.

Производительность отвального тупика или отвала – это количество породы, принимаемой тупиком или отвалом в единицу времени (в смену, сутки и т. д.).

Число составов, разгружаемых на тупике в смену, определяется по формуле

$$N = \frac{T}{t_p + t_0} K_{ч.р}, \quad (43)$$

где T – время смены; t_p – время на разгрузку одного состава, мин (зимой в 2–3 раза больше, чем летом); t_0 – время на обмен составов, мин; $K_{ч.р}$ – коэффициент использования времени смены на прием составов (для плужных отвалов 0,7–0,8, для экскаваторных 0,85–0,9).

Исходя из этого производительность отвального тупика (по пропускной способности путей) равна

$$P_0 = NQ, \text{ м}^3/\text{смену}, \quad (44)$$

где Q – средняя ёмкость породного состава, м³.

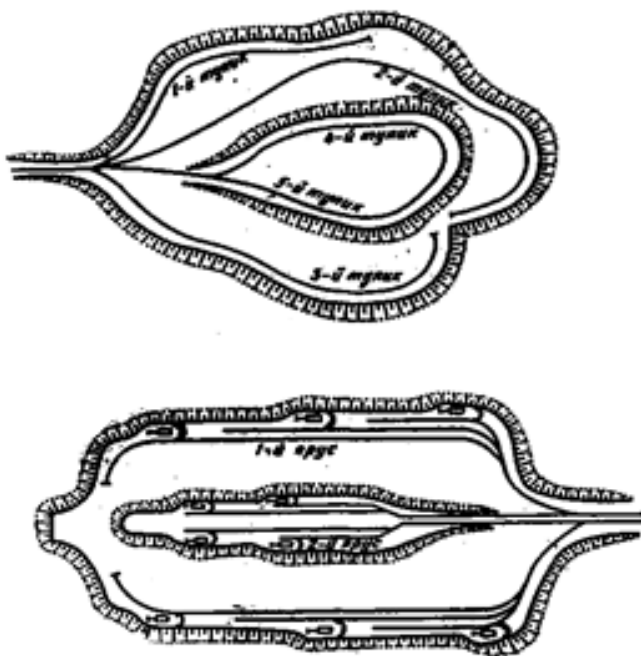


Рис. 16. Развитие отвалов в плане при железнодорожном транспорте:

а – криволинейное; б – параллельное

Объем породы, разгружаемой в тупике за смену, в летние месяцы больше, чем в зимние, когда разгрузка думпкаров более длительна и требуется дополнительное время на их чистку.

Кроме того, производительность тупика Π_0 в определенной степени зависит от свойств разгружаемых пород: разгрузка рыхлых и сыпучих грунтов происходит быстро, глинистых и вязких – медленнее.

При работе экскаваторов на отвале производительность тупика, определенная по пропускной способности путей, должна быть равна или несколько больше производительности отвального экскаватора

$$\Pi_0 \geq \Pi_{30}. \quad (45)$$

Число отвальных тупиков в работе может быть определено из выражения

$$n = \frac{P_v}{P_o}, \quad (46)$$

где P_o – производительность карьера по вскрыше.

Общее число тупиков с учетом тупиков, находящихся в передвижке, принимается на 25–50 % больше рассчитанного по производительности.

Развитие отвалов в плане может быть криволинейным, параллельным (рис. 16) или веерным.

На современных карьерах преимущественное распространение получила криволинейная схема, которая имеет то достоинство, что в процессе развития отвала систематически увеличивается длина отвального фронта и появляется возможность создания новых рабочих тупиков.

Параллельное развитие отвала применяют реже, обычно лишь при работе на отвале одноковшовых экскаваторов. Параллельно первому экскаватору на расстоянии 400–500 м следует второй, и с такими же интервалами работают все последующие экскаваторы. Каждый экскаватор, отсыпая заходку отвала, подготавливает земляное полотно для железнодорожного пути последующей экскаваторной заходки.

Отсыпав заходку и дойдя до границы, экскаватор выходит на поверхность отвала, откуда его перевозят на платформе в исходное положение к подготовленному новому отвальному тупику. Существенный недостаток этого способа заключается в том, что повысить производственную мощность можно лишь строительством новых тупиков.

При плужных отвалах параллельное развитие фронта работ не применяют, так как в этом случае затруднена подача вагона в тупик отвала у его границ, что приводит к постепенному сокращению длины отвального фронта.

Веерную схему применяют обычно при работе на отвале многочерпаковых экскаваторов (абзетцеров).

2.3. Способы строительства отвалов

Выбор рационального способа строительства отвалов зависит от ряда факторов: рельефа местности, физико-

механических свойств пород вскрыши и принятого способа отвалообразования.

Если под отвалы отводится склон горы или борт старого карьера, то образовать первоначальные (пионерные) насыпи проще и удобней простой отсыпкой пустой породы по склону поверхности.

При равнинном рельефе местности образование первоначальных насыпей обычно производится механической лопатой, драглайном, скреперами и бульдозерами из привозной породы и из пород «резерва».

Раньше наиболее распространенным был способ строительства отвала, при котором первоначальную насыпь возводили экскаваторами из пород «резерва», т. е. из пород, вынимаемых непосредственно рядом с первоначальной насыпью. Высота первоначальной насыпи обычно ограничивается параметрами экскаватора и при использовании механических лопат оказывается ниже проектной высоты отвала. Дальнейшее увеличение высоты отвала до проектной осуществляется в процессе его эксплуатации постепенным подъемом пути. При каждой передвигке высота плужного отвала возрастает на 0,5–1 м, а экскаваторного (при использовании экскаватора ЭКГ-4) на 3–3,5 м. (рис.17). Чтобы достичь требуемой высоты этим способом, необходимо длительное время, в течение которого приемная способность отвала ниже проектной.

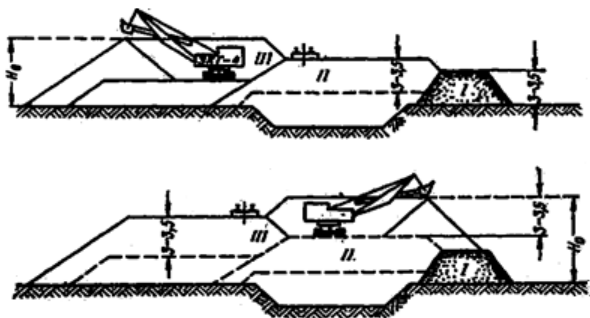


Рис. 17. Этапы I, II, III развития экскаваторного отвала

В рыхлых и полускальных породах первоначальная насыпь необходимой высоты может быть образована драглайном (рис. 17), однако применение драглайнов только для строительства отвалов не всегда экономически выгодно.

В настоящее время преобладающим способом строительства отвалов является возведение первоначальной насыпи из привозной породы, которая доставляется автомобилями. При этом обычно используется порода, вынимаемая при строительстве карьера в процессе проведения траншей. Такой способ применяется даже тогда, когда в карьере основным является железнодорожный транспорт (например, на карьерах Соколовско-Сарбайского ГОКа, на Лебединском, Атасуйском, Магнитогорском, Коунрадском и на многих других карьерах).

Применение автомобильного транспорта и использование привозной породы не только сокращают срок строительства, но и позволяют возводить отвалы на обводненных участках.

В объем строительных работ, выполняемых за счет капитальных вложений, входят: возведение первоначальной насыпи и в некоторых случаях повышение ее до проектной высоты, укладка железнодорожных путей, монтаж контактных сетей, линий электропередач, осветительной сети и приобретение отвального оборудования.

Срок строительства отвалов и капитальные вложения колеблются в широких пределах в зависимости от параметров отвалов, мощности строительной базы, способа отвалообразования, способа строительства отвалов и других факторов.

Стоимость строительства одного отвального тупика высотой 10–15 м, длиной 1,5 км без затрат на отвальное оборудование составляет около 100 тыс.тг. (на 1974 г.). Срок строительства 1–2 года. Стоимость приобретения оборудования для одного тупика на плужных отвалах составляет около 100 тыс.руб., на экскаваторных с механическими лопатами ЭКГ-4,6 – около 200 тыс.тг.

2.4. Складирование пород отвальными плугами

Способы отвалообразования различаются по виду механизации укладки породы на отвальном тупике. Способ механизации этих работ зависит прежде всего от вида транспорта и устойчивости пород.

На некоторых отечественных карьерах для складирования полускальных и скальных пород применяются плуги. Доля плужного отвалообразования на карьерах незначительна. В определенных горно-геологических условиях плужное отвалообразование эффективно и может конкурировать с другими способами отвалообразования. На таких крупных карьерах, как Магнитогорский, Коунрадский и другие, отвальные плуги успешно применяются в течение многих лет при складировании скальных пород в отвалы высотой более 30 м. Плужное отвалообразование целесообразно также применять в случае расположения положения тупиков на разных горизонтах карьера (в условиях нагорных месторождений).

При плужном отвалообразовании основными операциями являются последовательная разгрузка составов по фронту, вспашка и планировка кромки отвала, передвижка железнодорожных путей в новое положение. Число одновременно разгружаемых думпкаров зависит от состояния отвального тупика. На профилированной бровке отвала практикуется одновременная разгрузка всех думпкаров. На вновь подготовленном отвальном участке более надежной является повагонная или групповая разгрузка думпкаров. Время разгрузки (табл. 5) составов не превышает 15 % времени рейса (в зимнее время оно достигает 20 %).

При разгрузке думпкаров значительная часть породы (50–65 %) задерживается на откосе. Скопление породы на откосе (ее объем зависит от высоты уступа) препятствует дальнейшей разгрузке думпкаров, что вызывает необходимость сбрасывания породы под откос отвальным плугом. Эту операцию называют профилированием отвального тупика. Число профилирований между передвижками путей составляет 6–8 и зависит от характера породы, типа думпкаров и высоты отвала. Производительность отвальных плугов колеблется в пределах 330–500 м³ в час чистой работы.

Поверхность отвала планируется после использования приемной ёмкости тупика. Так как при движении поездов пути несколько проседают, планировку производят так, чтобы новая площадка была выше на 0,1 м (у верхней бровки откоса на 0,2 м). Осадка путей зимой происходит меньше, чем летом. Поэтому зимой высота отвала принимается на 1–2 м выше, чем летом, так как за летнее время она постепенно снижается.

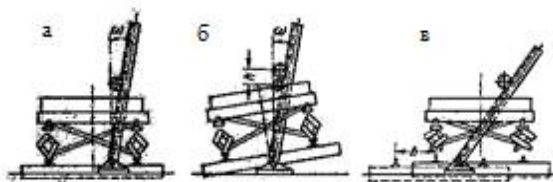


Рис.19. Схема путеperedвигателя циклического действия:
а, б, в – соответственно первоначальное, промежуточное и конечное положения путеperedвигателя

Отвалыные плуги бывают тяжелого и легкого типа, несамоходные и самоходные. Для планировки мягких пород используются плуги с вогнутыми лемехами, а для планировки крепких пород – плуги с плоскими лемехами. Тяжелые плуги применяются для скальных пород и имеют массу 50 т и более. Управление лемехом плугов бывает ручным, пневматическим и с электрическим приводом. На отечественных карьерах применяют в основном отвалыные плуги МОП-1.

Отвалыный плуг МОП-1 производит планировку отвала при одностороннем движении. В рабочее положение крылья устанавливаются с помощью сжатого воздуха.

Таблица 5

Карьер	Время разгрузки думпкара, мин		Карьер	Время разгрузки думпкара, мин	
	летом	зимой		летом	зимой
Магнитогорский	2	2,8	Центральный	2,3	3,5
Первоуральский	2,5	3,7	Гороблагодатский	2,4	3

Техническая характеристика отвалыного плуга МОП-1

Длина, мм _____ 16 220

Ширина со сложенными крыльями, мм _____ 3100

Высота, мм _____ 4620

Максимальный размах главных крыльев без откосов (при угле раскрытия 45°), мм _____ 11 300

Максимальный размах главных крыльев с откосами (при угле раскрытия 45°), мм _____ 15 000

Масса, т _____ 60

Ширина железнодорожной колеи, мм _____ 1524
 Рабочая скорость движения, км/ч _____ 6–10
 Управление _____
 Пневматическое от компрессора локомотива
 Рабочее давление воздуха, кгс/см² _____ 6–7

Для передвижки путей на плужных отвалах могут применяться путепередвигатели цикличного (рис.18,19) и непрерывного действия. Путепередвигатели непрерывного действия в настоящее время применяются только в условиях мягких пород, а путепередвигатели цикличного действия – в условиях пород любой крепости. В практике наибольшее применение получили путепередвигатели цикличного действия (табл. 6).

Таблица 6

Показатели	Путепередвигатели цикличного действия		
	ПУ-25	П-26	ПП-3
Номинальная подъемная сила, тс	12	15	18
Максимальная подъемная сила, тс	25	26	30
Сменная производительность, м	900–1100	1200–1300	1500
Шаг передвижки, мм	800	800	900
Размеры, мм:			
Длина	4000	4280	4370
Ширина	2470	2470	2210
Высота	2750	2750	1840
Масса, кг	4300	4600	5500
Двигатель	ГАЗ-М	ГАЗ-М	ЗИЛ-150
Мощность двигателя, л. с	50	50	82

2.5. Техничко-экономические показатели работы плужных отвалов

Техничко-экономические показатели работы плужных отвалов зависят от параметров тупиков и отвала в целом, типа складировемых пород и других факторов (табл.7). Основным достоинством плужного отвалообразования является то, что

основной объем породы при разгрузке думпкаров укладывается в отвал под действием силы тяжести (лишь часть породы сталкивается отвальным плугом под откос). Поэтому при плужном отвалообразовании затрачивается значительно меньше энергии, чем при других способах отвалообразования. При этом используемое простое оборудование не требует больших капитальных затрат. Однако при существующем состоянии технологии, механизации и организации работ плужное отвалообразование не дает должного экономического эффекта.

Таблица 7

Показатели	Значения показателей на карьерах				
	Магнито-горском	Коунрад-ском	Перво-ураль-ском	Гороблагодат-ском	Южного ГОКа
Высота отвала, м	10–15	15–20	10–12	10–12	6–14
Шаг передвижки путей, м	2.8–3	2–2.6	1.5–2	1.5–2	2.5–3
Длина рабочей части тупика, м	1200	900–1200	750	700	600
Складируемые породы	Смешан-ные	Скаль-ные	Мягкие и крепкие	Скаль-ные и мягкие	Скаль-ные и мягкие
Суточная приемная способность отвального тупика, тыс. м ³	1.2–1.35	2.5–3.2	0.81	1	0.96
Сменная производительность труда рабочего, м ³	170	270	101	–	112
Производительность плуга в час чистой работы, м ³	470–500	500	350	330	–
Затраты на складирование 1 м ³ разрыхленной породы, тт	0.04	0.03	–	0.06	0.09

Это объясняется небольшой высотой отвала (10–15 м) в условиях мягких пород, малой шириной планировки отвала и небольшим шагом передвижки путей (2–3 м). Последнее связано с большими материальными и трудовыми затратами на путевых работах. Плужное отвалообразование по сравнению с

экскаваторным может быть эффективным при высоте отвала более 25 м. Однако и в этом случае организация работ на отвалах будет сложной вследствие небольшого шага передвижки путей при их неустойчивости, а также необходимости содержать резервные тупики.

На плужных отвалах порода, доставленная из карьера в думпкарах, разгружается непосредственно под откос отвального уступа, при этом часть породы (50–60 %) скатывается вниз, а другая часть остается на отвальной бровке.

Для сталкивания породы под откос применяют отвальные плуги, представляющие собой агрегат, исполнительным органом которого является система подвижных лемехов. Система лемехов и передних щитов, а также пульт управления смонтированы на железнодорожной платформе.

В зависимости от вылета главного лемеха плуга различают легкие конструкции, имеющие вылет до 3,6 м и массу до 18 т; средние – вылет до 5 м и масса около 33 т и тяжелые – вылет до 7,5 м и масса до 60 т.

Производительность отвального плуга около 500 м³ в час чистой работы или около 3000 м³ в смену.

После разгрузки вагонов на всей длине отвального тупика производится его планировка отвальным плугом, который разравнивает спиленную породу боковым лемехом. Часть породы сваливается под откос, а на отвальной бровке создается площадка, на которую снова выгружают породу.

Операцию по разгрузке составов с последующей планировкой отвальным плугом повторяют несколько раз (4–8), после чего вдоль отвальных путей создается площадка шириной до 3,5 м. Дальнейшая работа по приему породы становится невозможной, так как значительная часть породы при разгрузке будет попадать под вагоны на железнодорожный путь. Поэтому пути передвигают в новое положение ближе к бровке отвала и все операции повторяют снова. Перед передвижкой производится планировка отвальной бровки. Новая отдельная бровка должна быть на 0,3 – 0,5 м выше уровня железнодорожных путей. Это обеспечивает сохранение постоянной высоты отвала, так как отвальные породы дают усадку и во время выгрузки породы происходит постепенное проседание железнодорожного пути. Для

передвижки путей на плужных отвалах, как правило, применяют путепередвигатели непрерывного действия. При этом для ремонта путей после передвижки и поддержания их в устойчивом состоянии требуются значительные затраты ручного труда. Шаг передвижки колеблется от 1 до 3 м. Основное достоинство плужных отвалов состоит в сравнительно небольших капитальных затратах, поскольку один отвальный плуг и один путепередвигатель могут обслуживать несколько отвальных тупиков (тогда как при экскаваторных отвалах на каждом отвальном тупике необходимо иметь отдельный экскаватор).

К недостаткам плужных отвалов относятся :

а) низкая высота отвального уступа (10 — 15 м в мягких породах, 15—20 м в скальных породах), которая ограничивается условиями его устойчивости и требованием безопасного расположения железнодорожного пути, находящегося после его передвижки в 1,5 — 2 м от отвальной бровки. Так как железнодорожный путь вследствие частых передвижек не может быть уложен на балласт, то устойчивость его на высоких отвалах недостаточно для движения железнодорожных составов;

б) отсутствие эффективной механизации для передвижки железнодорожных путей и поддержания их в безопасном состоянии. В настоящее время эти работы требуют больших затрат, что резко снижает производительность труда рабочих, увеличивает эксплуатационные расходы;

в) невозможность эксплуатации плужных отвалов на неосушенных болотах и озерах.

2.6. Отвалообразование с использованием экскаваторов и драглайнов

На карьерах с железнодорожным транспортом отвалообразование с применением мехлопат и драглайнов распространено повсеместно.

Впервые в истории открытых работ отвалообразование с применением мехлопаты было предложено М.П. Тутовым и осуществлено в 1943 г. на одном из карьеров треста «Союзасбест» (Урал). В 1945 г. по предложению академика Н. В. Мельникова экскаваторное отвалообразование было внедрено на ряде карьеров комбината (карьеры бывшего треста

«Волчанск-уголь»)). Несколько позднее экскаваторное отвалообразование было внедрено на угольных карьерах треста «Коркинуголь» и других карьерах страны. В настоящее время доля отвалообразования с применением мехлопат при железнодорожном транспорте достигает 86%.

Учитывая особенности применения мехлопат на отвалах, можно предположить, что на крупных карьерах при наличии мягких и мелко раздробленных пород возможно применение драглайнового отвалообразования. Доля последнего в общем отвалообразования составляет 9–10%.

Прогноз развития отечественной горной промышленности позволяет сделать с учетом горнотехнических условий и физико-механических свойств вывод о том, что применение техники цикличного действия на отвалах во многих случаях и в дальнейшем будет выгодно. Поэтому в перспективе абсолютные объемы драглайнового отвалообразования значительно увеличатся.

Впервые попытка применения драглайнов на отвалообразовании была предпринята на угольных карьерах Урала (1948–1950 гг.). Первый опыт применения драглайнов ЭШ-1 и ЭШ-4/40 на отвалах положительных результатов не дал, что объясняется несовершенством технологии отвальных работ и конструкции драглайнов, а также низкой квалификацией обслуживающего персонала. В промышленных масштабах драглайны впервые были внедрены на отвалообразовании карьеров Соколовско-Сарбайского ГОКа лишь в 1960 г. С применением четырех драглайнов ЭШ-6/60 на Сарбайском карьере складировалось до 40 % годового объема вскрыши. В последнее время драглайновое отвалообразование нашло широкое применение на угольных карьерах (Томусинском, Ирша-Бородинском, Черногорском, Междуреченском, им. 50-летия Октября, Кумертауском).

Драглайновое отвалообразование по сравнению с отвалообразованием с применением мехлопат имеет следующие преимущества:

- при одинаковой емкости ковша драглайна и мехлопаты ширина заходки увеличивается в 3–4 раза;

- значительно увеличивается ёмкость отвала на 1 м его длины;

- уменьшается время разгрузки локомотивосоставов (ёмкость приемной ямы драглайнов превышает ёмкость приемка мехлопаты);

- повышается эффективность работы в условиях слабонесущих обводненных пород, косогоров, логовых участков и др.;

- возможность применения двухтупиковых схем обеспечивает повышение интенсификации работ;

- технологическая гибкость (легкость перехода от одной технологической схемы к другой).

В большинстве случаев укладка пород в отвал драглайнами экономически выгодна, чем мехлопатами. Однако при использовании драглайнов улучшается организация работ, повышается стабильность работы отвала (улучшаются условия работы транспорта), уменьшается объем трудоемких путепереукладочных работ. Но в определенных горно-геологических условиях драглайны могут быть экономически выгоднее мехлопат. Некоторые специалисты считают, что при правильном выборе технологических схем, параметров отвала и экскаватора в специфических условиях такие случаи станут правилом. Например, в условиях Ангренского угольного карьера драглайном велась поочередная отсыпка двухъярусного отвала. В верхний и нижний ярусы порода помещалась с одного железнодорожного пути. Эта технологическая схема отвалообразования оказалась в данных условиях экономически более выгодной по сравнению со схемой с использованием экскаватора ЭКГ-4,6.

Первые систематические исследования, посвященные теории и практике применения драглайнов на отвалах, выполнены Н. Н. Мельниковым. Они явились основанием более широкого применения драглайнов на внешних и внутренних отвалах. Одним из путей повышения эффективности драглайнового отвалообразования является создание на базе драглайна ЭШ-10/70 специальных отвальных драглайнов ЭШ-13/50 и других с укороченными линейными параметрами.

Основным недостатком драглайнового отвалообразования является трудность их применения при складировании пород

значительной крепости и кусковатости. Однако опыт карьеров производственных объединений «Экибастузуголь» и «Красноярскуголь» свидетельствует о том, что драглаины ЭШ-6/60 при качественной подготовке крепких пород способны эффективно вести отвальные работы.

2.7. Отвалообразование с применением мехлопат

При использовании мехлопат для складирования пород отвальный уступ разбивается на два подступа. Экскаватор располагается на кровле нижнего подступа на 4–7 м ниже горизонта железнодорожного пути, по которому подаются груженные составы. Порода разгружается из думпкаров в приямок длиной 20–25 м по фронту разгрузки, откуда она экскаватором перелопачивается вперед, назад, в сторону и вверх. Ёмкость приямка соответствует емкости состава и находится в пределах 200–300 м³. Подошва приямка располагается на 0,8–1 м ниже горизонта установки экскаватора, что обеспечивает предохранение ходовой части экскаватора от ударов крупных кусков породы при разгрузке думпкаров. Развитие экскаваторных отвалов, как правило, характеризуется параллельным продвижением фронта работ. В каждой заходке порода укладывается на уровне головки рельсов. В случае необходимости (при наращивании высоты отвала или компенсации усадки) порода укладывается с повышением в сторону бровки отвального откоса.

При совмещении разгрузки состава с работой экскаватора потребная емкость приямка:

$$V_{\text{пр}} = n_{\text{д}}(q - Q_{\text{э}} t_p), \text{м}^3, \quad (47)$$

где q – полезная ёмкость думпкара, м³;

$Q_{\text{э}}$ – производительность экскаватора, м³/мин;

$n_{\text{д}}$ – число думпкаров в составе;

t_p – продолжительность разгрузки думпкара, мин.

Ёмкость приямка зависит от длины фронта разгрузки, типа экскаватора и горизонта его установки, емкости ковша экскаватора и транспортных сосудов (табл. 8).

Технологические схемы. Различают три схемы отвалообразования с применением мехлопат.

Сущность первой схемы заключается в следующем. Первоначально нижний отвальный подступ до горизонта установки экскаватора отсыпается по длине фронта на 100–120 м. Затем экскаватор возвращается на прежнее место и засыпает верхний подступ (засыпка ведется до разгрузочного пути). Далее описанные операции циклически повторяются. Отвал отсыпается от стрелочного перевода у въезда в направлении к тупику. Такая схема применима при отсыпке отвала на неустойчивом основании (например, на Бакальском карьере). Недостатками схемы являются необходимость задалживания и поддержания путей в течение всего срока отсыпки заходки и частые (хотя и непродолжительные) перегоны экскаватора.

Таблица 8

Показатели	Значения показателей при емкости ковша экскаватора, м ³	
	4	6
Ёмкость состава, м ³	215; 310	215; 310
Минимальная емкость приемка, м ³	105; 151	87; 125
Минимальная высота установки экскаватора при длине приемка, равной длине думпкара, м	3,5; 4,5	3; 4
То же, при длине приемка, в 1,2 раза превышающей длину думпкара, м	3; 3,9	2,6; 3,4

Примечание: В таблице приведены данные по М. А. Саотрясову.

Вторая схема предусматривает отсыпку отвала наступающим ходом с одновременной заделкой трассы. Нижний и верхний подступы отсыпаются попеременно без значительного опережения по фронту и на полную высоту яруса, благодаря чему сокращается холостой ход экскаватора и повышается степень его использования во времени. Общее направление отсыпки – от стрелочного перевода у въезда к тупику. Недостатками схемы являются задалживание путей и необходимость холостого перегона экскаватора после отсыпки заходки.

Холостой перегон экскаватора может быть устранен перемещением его на специальной платформе (турникетная платформа). Это предотвращает излишний износ ходовой части экскаватора и ускоряет начало работы на новой заходке. Схема применяется при устойчивых породах основания.

По третьей схеме, применяемой при достаточной устойчивости складировемых пород, отсыпка нижнего подустапа осуществляется наступающим ходом на всю длину отвального тупика. Верхний подуступ отсыпается отступающим ходом (от тупика к стрелке). Затем экскаватор возвращается в первоначальное положение и начинает очередную отвальную заходку. Третья схема обеспечивает продуктивное использование обратного хода экскаватора, что повышает степень использования экскаватора во времени. Кроме того, начало отсыпки верхнего подустапа можно совмещать с работами по переукладке путей, что позволяет ускорить ввод тупика в работу в следующем цикле отвалообразования. Основным недостаток схемы – трудность ее реализации при недостаточной устойчивости складировемых пород.

На некоторых карьерах (карьеры Соколовско-Сарбайского ГОКа и др.) отвалы отсыпаются аналогично второй схеме, но в отступающем порядке, т. е. от конца отвального тупика. Недостатком такой схемы является необходимость предварительно укладывать железнодорожные пути на всю длину отвального тупика. При неустойчивом основании железнодорожных путей, вызывающем деформацию их при разгрузке думпкаров (вследствие динамических ударов), укладка путей на всю длину тупика оправдывает себя. В этом случае разгрузка и движение составов осуществляются на недеформированных участках пути, имеется возможность совмещения приемки породы и переукладки путей и использования обратного хода экскаватора.

При экскаваторном отвалообразовании для планировки трассы железнодорожных путей используются бульдозеры (иногда грейдеры). Переукладка путей в новое положение предшествует началу работ на новой заходке. Как правило, для этого используются краны на железнодорожном ходу (иногда экскаваторы, бульдозеры и другие машины).

2.8. Расчеты параметров отвального тупика

Основными параметрами отвального тупика являются высота отвала, шаг переукладки путей и длина отвального тупика.

Высота отвала при использовании мехлопат изменяется в широких пределах и зависит от свойств складировемых пород и пород основания отвала, рельефа местности и линейных параметров экскаватора. На равнинной местности при складировании полускальных пород высота отвала составляет 15–30 м. В гористой местности при складировании скальных пород она достигает 70 м и более.

Высота отвала

$$H_0 = h_1 + h_2, \text{ м}, \quad (48)$$

где h_1 – высота верхнего подустапа, м;

h_2 – высота нижнего подустапа (принимается в зависимости от устойчивости пород), м.

Таблица 9

Экскаватор	Высота отвального забоя (м) при высоте отвала, м							
	15	20	25	30	35	40	45	50
ЭКГ-4,6	6,25	6	5,75	5,5	5,25	5	4,75	4,5
ЭКГ-8	7,65	7,4	7,15	6,9	6,65	6,4	6,15	5,9

Примечание. В таблице приведены данные по Н.В.Мельникову

Высота отвального забоя мехлопаты зависит от емкости ее ковша, высоты отвала и должна обеспечивать наполнение ковша за одно черпание (табл. 9).

Высота отвала, сложенного различными породами, определяется углом внутреннего трения и сцеплением укладываемой породы, а также общими затратами на отвалообразование. С увеличением высоты отвала до некоторого предела (40 – 45 м) производительность мехлопаты и труда рабочего повышается, а затраты на отвалообразование уменьшаются.

Шаг переукладки. С увеличением шага переукладки путей (ширины отвальной заходки) удельные затраты на путевые работы (на 1 м³ уложенной породы) уменьшаются. Одновременно уменьшаются относительные затраты времени на холостые переходы мехлопаты. Максимальный шаг переукладки отвальных путей соответствует полному использованию линейных параметров мехлопаты (при повороте на 180°). Однако с увеличением угла поворота мехлопаты снижается его производительность. Оптимальный шаг переукладки путей, соответствующий удельным минимальным затратам S на отвалообразование, может быть установлен путем нахождения экстремума функции

$$S = S' - S'' = \frac{A}{Q_{см}} + \frac{C}{H_o a k}, \text{ тг./м}^3, \quad (49)$$

где S' , S'' – затраты на отвалообразование и путевые работы (строительство, содержание и переукладка путей), тг./м³;

A – сменные затраты на экскаватор, тг.;

$Q_{см}$ – сменная производительность экскаватора;

C – удельные затраты на путевые работы (на 1 м железнодорожного пути), тг.;

H_o – высота отвала, м;

a – шаг переукладки путей, м;

k – коэффициент, учитывающий использование площади отвала.

Фактический шаг переукладки путей на 5–15 % меньше максимального шага и приближенно может быть определен по формуле

$$a = k_u (R_q + R_p), \text{ м}, \quad (50)$$

где R_q – радиус черпания экскаватора, м;

R_p – радиус разгрузки, м;

$r_u = 0,85 \div 0,9$ – коэффициент использования линейных параметров экскаватора.

Более точно шаг переукладки путей можно определить по формуле

$$a = \sqrt{R_q^2 - \left(\frac{L_p}{2}\right)^2} + R_p, \text{ м}, \quad (51)$$

где $L_p = (1.5 \div 2)l_0$ — длина фронта разгрузки, м;
 l_0 — длина думпкара, м.

2.9. Длина отвального тупика

Приемная способность отвального тупика в смену в зависимости от производительности отвального экскаватора определяется по формуле

$$Q_9 = \frac{ET_{\text{см}}K_9f_9}{t_{\text{ц}}}, \text{ м}^3, \quad (52)$$

где E — емкость ковша экскаватора, м^3 ;
 T — продолжительность смены, час.;
 K_9 — коэффициент экскавации;
 $f_9 = 0,6 \div 0,9$ — коэффициент использования экскаватора во времени;
 $t_{\text{ц}}$ — продолжительность рабочего цикла экскаватора, ч.

Приемная способность отвального тупика в смену по транспортным условиям:

$$Q_{\text{тр}} = Nnq, \text{ м}^3, \quad (53)$$

где N — число составов, подаваемых на отвальный тупик в смену;

n — число думпкаров в составе;

q — полезная емкость думпкара, м^3 .

Число составов, подаваемых в смену на отвальный тупик, зависит от расстояния между обменными пунктом и местом приема породы, скорости движения поезда, времени разгрузки, времени на связь при обмене составов, коэффициента неравномерности подачи составов, продолжительности смены и определяется по формуле

$$N = \frac{T_{\text{см}} f_t}{\frac{2L}{v_{\text{ср}}} + n t_p + \tau}, \quad (54)$$

где $f_t = 0,75 \div 0,85$ – коэффициент неравномерности подачи составов;

L – расстояние от обменного пункта до места разгрузки, м;

$v_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения состава, м/ч;

t_p – время разгрузки думпкара, ч;

τ – время на связь при обмене составов, ч.

Рациональной является такая длина тупика, при которой соблюдается условие

$$Q_3 = Q_{\text{тр}} = N n q, \text{ м}^3, \quad (55)$$

Подставив в формулу (4.9) вместо N его значение, найдем, что

$$N = \frac{T_{\text{см}} f_t n q}{\frac{2L}{v_{\text{ср}}} + n t_p + \tau}, \text{ м}^3. \quad (56)$$

Если обменным пунктом служит станция «Породная», то

$$\frac{2L}{v_{\text{ср}}} = \frac{2(l_{\text{п.о}} + l_{\text{н}} + l_{\text{р}})}{v_r} + \frac{H_o}{i_p} + \left(\frac{1}{v_{\text{п}}} + \frac{1}{v_y} \right), \text{ ч}, \quad (57)$$

где $l_{\text{п.о}}$ – расстояние от обменного пункта до въезда на отвал, м;

$l_{\text{р}}, l_{\text{н}}$ – протяженность соответственно рабочей и нерабочей части тупика, м;

v_t – скорость движения состава на горизонтальных участках, м/ч;

H_o – высота отвала, м;

t_p – руководящий уклон, ‰;

$v_{\text{п}}$ – скорость движения состава на подъем, м/ч;

v_y – скорость движения состава под уклон, м/ч.

Второе слагаемое в формуле (57) учитывает время движения груженого состава на подъеме и по уклону.

Тогда

$$N = \frac{T_{\text{см}} f t}{\frac{2}{v_r} (l_{\text{п.о}} + l_{\text{н}} + l_p) + \frac{h}{i_p} + \left(\frac{1}{v_{\text{п}}} + \frac{1}{v_y} \right) + n t_p + \tau}. \quad (58)$$

Из формул (55) и (58) найдем, что

$$Q_3 = \frac{T_{\text{см}} f t n q}{\frac{2}{v_r} (l_{\text{п.о}} + l_{\text{н}} + l_p) + \frac{h}{i_p} + \left(\frac{1}{v_{\text{п}}} + \frac{1}{v_y} \right) + n t_p + \tau} \text{ м}^3. \quad (59)$$

Из формулы (59) получим:

$$l_p = 0,5 v_r \left[\frac{T_{\text{см}} f t n q}{Q_3} - \frac{h}{i_p} \left(\frac{1}{v_{\text{п}}} + \frac{1}{v_y} \right) - n t_p - \tau \right] l_{\text{п.о}} - l_{\text{н}} \text{ , м}^3. \quad (60)$$

Длина отвального тупика

$$L_{\text{т}} = l_p + l_{\text{н}} \text{ , м}, \quad (61)$$

значения $l_{\text{н}}$ и $l_{\text{п.о}}$ находятся в пределах 200–300 м и 500–600 м соответственно.

Если в формуле (60) принять переменными величины l_p и nq , а остальные величины постоянными, то

$$l_p = k_1 n q + k_2 \text{ , м};$$

$$k_1 = 0,5 v_r \left(\frac{T_{\text{см}} f t n q}{Q_3} - \frac{t_p}{q} \right); \quad (62)$$

$$k_2 = 0,5 v_r \tau \left[\frac{h}{\tau i_p} \left(\frac{1}{v_{\text{п}}} + \frac{1}{v_y} \right) \right] + l_{\text{п.о}} + l_{\text{н}}.$$

Таблица 10

Экскаватор	Сменная производительность экскаватора, м ³	Длина рабочей части отвального тупика (км) при емкости состава, м ³									
		100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
ЭКГ-4,6	2300	1,02	0,98	1,95	2,9	3,75	4,80	5,8	6,30	—	—
ЭКГ-5	2480	-	0,67	1,52	2,36	3,13	4,05	4,95	5,66	6,65	—
ЭКГ-6	2740	-	0,34	1,06	1,80	2,45	3,30	4,02	4,65	5,50	6,22
ЭКГ-8	3410	-	-	0,14	0,65	1,10	1,68	2,70	2,82	3,20	3,70

Если же обменный пункт находится на отвале нерабочей части каждого тупика, то в формулах (57)–(62) следует принимать $l_n = l_{п.о} = 0$.

Результаты расчета длины рабочей части отвального тупика в зависимости от емкости состава и производительности отвальных экскаваторов при обменном пункте на станции «Породная» приведены в табл. 10.

При определении длины отвального тупика по экономическому критерию исходят из следующих факторов:

- станция «Породная», как правило, расположена между карьером и отвалом; на ней сооружаются стационарные железнодорожные пути, средства связи и сигнализации, административные и технические здания и сооружения, затраты на амортизацию которых не зависят от длины отвального тупика;
- постоянные затраты на содержание обслуживающего персонала станции, электроэнергию и топливо также не зависят от длины отвального тупика;
- затраты на содержание нерабочей части отвального тупика (длиной 200–300 м) и амортизационные отчисления являются практически постоянными и не зависят от длины тупика;
- затраты, связанные с эксплуатацией отвального тупика, принимаются пропорционально его длине.

Затраты на укладку железнодорожных путей на отвале:

$$C_y = c(l + l_i) \text{ , тг.,} \quad (63)$$

где c — затраты на укладку 1 м железнодорожных путей, тг;
 l — длина путей на отвальном тупике, м;
 l_i — длина путей на подъеме, м.

Затраты на поддержание железнодорожных путей определяются по формуле академика Л. Д. Шевякова:

$$K_{\Pi} = \frac{c(l+l_i)^2}{2L}, \text{ тг.}, \quad (64)$$

где L — суточное продвижение забоя отвального тупика, м;
 r — суточные затраты на поддержание 1 м железнодорожных путей, тг.

Затраты на переукладку железнодорожных путей на отвале:

$$C_{\text{пер}} = ml, \text{ тг.}, \quad (65)$$

где m — затраты на переукладку 1 м железнодорожных путей, тг.

Затраты на транспортирование породы по железнодорожным путям отвала:

$$C_{\text{тр}} = Vq_1 + \frac{Vq_1l}{2} + Vq_2k_i l_i, \text{ тг.}, \quad (66)$$

где V — объем породы, укладываемой в отвальную заходку, м³;
 q_1 — удельные затраты (на 1 м³ породы), не зависящие от длины отвального тупика (затраты на амортизацию стрелочных переводов, путей нерабочей части отвального тупика, средств связи, сигнализацию, на содержание обслуживающего персонала и др.), тг.;

q_2 — затраты на транспортирование 1 м³ породы (на топливо, смазку, материалы, текущий ремонт, на амортизацию шпал, рельсов), пропорциональные длине тупика, тг.;

k_i — коэффициент, учитывающий увеличение затрат при транспортировании на подъем.

Затраты на транспортирование породы от станции «Породная» до отвального тупика:

$$C_{\text{ст}} = C_a + C_c V, \text{ тг.}, \quad (67)$$

где C_a – затраты на амортизацию железнодорожных путей, стрелочных переводов, средств связи и сигнализации, административных зданий и сооружений, тг.; C_c – затраты на транспортирование 1 м³ породы, тг.

$$C_a = \frac{C_r}{\frac{B}{a}} = \frac{C_r a}{B}, \text{ тг.}, \quad (68)$$

C'_r – годовые затраты на амортизацию зданий и сооружений на станции «Породная», тг;

B – ширина всех заходов, отсыпаемых на отвальной тупике за год, м;

a – ширина отвальной заходки, м.

Суммарные затраты на транспортирование породы за время отсыпки одной отвальной заходки:

$$\sum K = C(l + l_i) + \frac{r(l + l_i)^2}{2L} + ml + Vq_1 + \frac{Vlq_2}{2} + Vq_2k_i l_i + \frac{aC_r}{B} + VC_c, \text{ руб.} \quad (69)$$

Затраты на транспортирование 1 м³ породы:

$$\frac{\sum K}{V} = \frac{C}{ah} + \frac{Cl_i}{ahl} + \frac{rl}{2Lah} + \frac{rl_i}{Lah} + \frac{rl_i^2}{2Lahl} + \frac{m}{ah} + q_1 + \frac{q_2 l}{2} + \frac{C_r}{Blh} + q_2 l_i K_i + C_c, \text{ тг.}, \quad (70)$$

где h – высота отвала, м;

Взяв первую производную по l , получим:

$$\frac{\sum K}{V} = \frac{Cl_i}{l^2 ah} + \frac{r}{2Lah} + \frac{q_2}{2} - \frac{rl_i^2}{2Ll^2 ah} - \frac{C_r}{Bl^2 h}. \quad (71)$$

Приравняв левую часть (4.25) нулю и решив уравнение относительно l , получим формулу для определения оптимальной длины отвального тупика:

$$l = \sqrt{\frac{2LDCl_i}{B(r + Lahq_2)} + \frac{Br l_i^2}{2LaC_r}}, \text{ м.} \quad (72)$$

Для экскаватора ЭКГ-4,6 при $C'_r = 30\,000$ руб.; $B = 50$ м; $h = 27$ м; $q_2 = 0.00014$ тг.; $r = 0,008$; тг.; $l_i = 800$ м; $L = 12$ м; $C = 32$ тг; $a = 24$ м оптимальная длина отвального тупика составляет около 2000 м.

Оптимальная длина отвального тупика без учета подъема породы в отвал ($l_i = 0$) определяется по формуле

$$l = \sqrt{\frac{2LaC'_r}{B(r+Lahq_2)}}, \text{ м.} \quad (73)$$

2.10. Отвалообразование с применением драглайнов

Известные схемы отсыпки отвалов драглайнами в значительной степени отвечают специфике самых разных разнообразных условий, встречающихся на карьерах. В рыхлых и полускальных породах первоначальная насыпь необходимой высоты может быть образована драглайном (рис. 20), однако применение драглайнов только для строительства отвалов не всегда экономически выгодно.

Наиболее эффективны схемы с параллельной и последовательной отсыпкой нижнего и верхнего ярусов. Двухтупиковые схемы пока не используются вследствие ряда технических и технологических трудностей.

Драглайны обладают значительной технологической гибкостью, позволяющей переходить от одной схемы работы к другой и перестраивать работу отвального оборудования с учетом производственной необходимости. Применение драглайнов обеспечивает уменьшение не только на транспорт, но и на содержание путей. Это объясняется тем, что схемы развития отвалов с течением времени не усложняются, фронт работ не сокращается (параметры экскаватора позволяют успешно вести приемку породы в конечной части тупика), а его прямолинейность сохраняется в течение длительного периода.

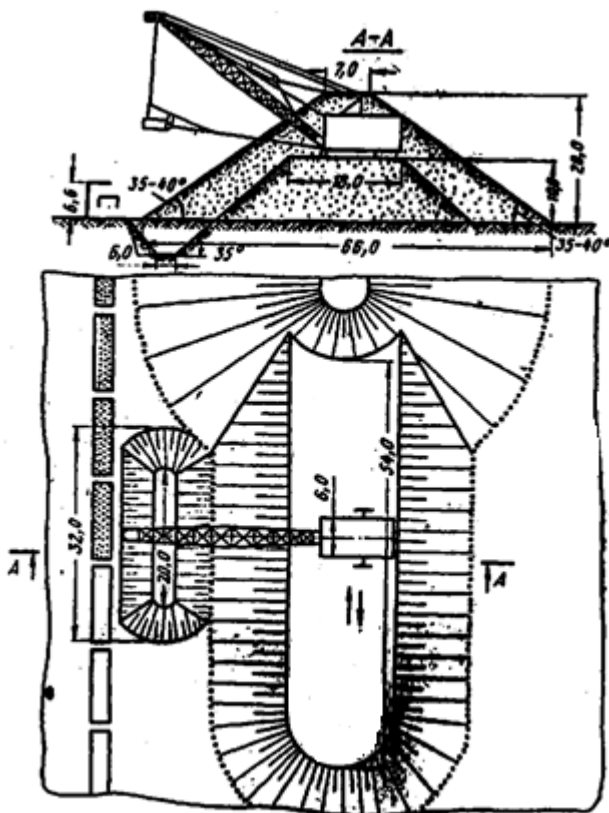


Рис. 20. Схема возведения драглайном первоначальной насыпи из породы, привозимой из карьера Соколовско-Сарбайского ГОКа

Исследования показывают, что драглайны в ближайшие годы могут иметь следующую область применения. Удельный вес драглайнов среди других средств механизации отвальных работ составит 10–11 %. Драглайны будут применяться для складирования рыхлых и обводненных пород (в ряде случаев и полускальных) на карьерах с годовым объемом вскрышных работ 4–12 млн м³. Некоторое увеличение приведенных затрат на 1 м³ складироваемых пород при использовании драглайнов (по сравнению с использованием мехлопат) в большинстве случаев

будет компенсироваться повышением стабильности и безопасности работ, снижением объемов путевых работ и др. Применение драглайнов позволит не только сократить перепробеги транспорта, упростить схемы путевого развития, но и уменьшить площади пригодной для сельского хозяйства земли, занимаемой под отвалы. Наиболее эффективно драглайнами засыпать земельные площади (часто значительно удаленные друг от друга), непригодные к использованию в сельском хозяйстве (луга, болота, ущелья, овраги, открытые горные выработки, зоны обрушения от ведения подземных работ). Драглайны, кроме того, можно использовать для снятия плодородных потенциально плодородных пород с целью их последующего использования для целей рекультивации. Известен положительный опыт использования драглайнов для этой цели на Ирша-Бородинском и Кумертауском угольных карьерах.

2.11. Современное состояние отвалообразования с применением драглайнов.

Выполненные в МГИ исследования показывают, что из известных технологических схем складирования пород драглайнами на карьерах нашли применение только схемы: а) с установкой драглайна на уровне железнодорожных путей и одновременной отсыпкой нижнего и верхнего ярусов боковым забоем, б) то же с отсыпкой одного яруса, в) с установкой драглайна на предотвале высотой до 10 м и с отсыпкой породы выше отметки предотвала, г) комбинированная с применением мехлопаты и драглайна для отсыпки нижнего и верхнего яруса соответственно.

Технологическая схема (а) широкого применения не получила. Это объясняется тем, что в ней не доиспользуется такое достоинство драглайна, как возможность черпания гораздо ниже уровня его установки и отсыпки породы выше этого уровня. Эффективность работы драглайна повышается, если его для отсыпки верхнего яруса устанавливать на предотвал высотой 7–10 м.

Гораздо шире применяется схема (б). Эта схема традиционна для драглайнов и характеризуется наиболее простой организацией работ. Схема может эффективно применяться при

отсутствии возможности формирования отвальных ярусов значительной высоты (при недостаточной устойчивости складированных пород, возможности оползней, неустойчивости основания отвала и др.) и засыпке логовых участков, оврагов, выработанного пространства и др. При правильной и четкой организации складирования пород годовой объем выполняемых работ может быть значительным (табл. 11, карьеры Кумертауский, Сарбайский).

Наиболее широкое применение получила схема (з). При этой схеме используются параметры драглайна как в плане, так и по высоте. Схему целесообразно применять при возведении пионерных насыпей из привозных пород и отвальных насыпей на втором ярусе, отсыпке второго отвального яруса и др. Такие условия имеются на Томусинском, Краснобродском, Черногорском, Сарбайском, Стойленском, Лебединском карьерах.

Таблица 11

Карьер	Драглайн	Выполняе- мый годовой объем работ, тыс. м ³	Карьер	Драг- лайн	Выполняемый годо- вой объем работ, тыс. м ³
Междуречен- ский	ЭШ-10/60	1269	Черногор- ский	ЭШ-6/60	1370
Томусин- ский	ЭШ-10/60	1828,8	Сарбай- ский	ЭШ-6/60	2468
Красноброд- ский	ЭШ-10/60	1730	Стойлен- ский	ЭШ-6/60	1723
Кумертау- ский	ЭШ-10/60	2958,6	Лебедин- ский	ЭШ-6/60	1409,6

Достоинство схемы (ж), заключается в том, что она позволяет исключить перепробег транспорта, так как верхний ярус отсыпается при доставке породы на кровлю нижнего яруса.

В табл. 12 приведена характеристика драглайнового отвалообразования на угольных карьерах.

Таблица 12

Место отсыпки отвала	Карьеры	Примечание
Сложный рельеф поверхности (лога)	Ирша-Бородинский, Междуреченский, Красногорский, Ангренский	Ограниченные площади под отвалы
Равнинный рельеф поверхности	Назаровский, Кумертауский, Экибастузский	Слабоустойчивые породы, слабое основание отвала (размер кусков не более 400 мм)
Выработанное пространство	Ирша-Бородинский, Харанорский, Кумертауский	Глубина карьера более 60 м, слабоустойчивые и обводненные породы
Старые отвалы	Экибастузский	Устойчивые породы основания
Старые гидроотвалы	им. 50-летия Октября, Краснобродский	Отвал отсыпается по мере консолидации пород в гидроотвале
Выработанное пространство	Черногорский	Скальные породы (размер кусков до 300 мм)

2.12. Техничко-экономические показатели драглайнового отвалообразования

В зависимости от конкретных условий технико-экономические показатели отвалообразования могут колебаться в значительных пределах. Это объясняется влиянием таких факторов, как горно-геологические и климатические условия,

физико-механические свойства пород, структура комплексной механизации, система разработки и др. Полный учет влияния этих факторов невозможен. Однако накопленный опыт позволяет выделить характерные особенности складирования пород драглайнами. Анализ использования календарного фонда времени драглайнов, применяемых для складирования пород в условиях логовых участков и оврагов при коротком отвальном фронте, позволяет сделать следующие выводы. При одинаковой емкости ковша у мехлопаты и драглайна годовая производительность драглайна равна или выше, чем производительность мехлопаты. Время простоев по причине отсутствия транспорта и плохого состояния пути у драглайнов меньше. Просадки железнодорожного полотна около приямка у драглайнов наблюдаются гораздо реже. Простои драглайнов в ремонтах и по причине отсутствия трассы более длительны.

Трудоемкость отвалообразования (затраты труда на укладку в отвал 1000 м^3 породы) складывается из трудоемкости $t_{\text{э}}$ обслуживания отвального экскаватора, трудоемкости $t_{\text{п}}$ передвижки отвальных путей и трудоемкости $t_{\text{с}}$ текущего содержания отвальных коммуникаций, т.е.

$$T_{\text{от}} = t_{\text{э}} + t_{\text{п}} + t_{\text{с}}, \text{ чел. смены.} \quad (74)$$

Трудоемкость обслуживания отвального экскаватора определяется по формуле

$$t_{\text{п}} = \frac{(N_{\text{n}} + N_{\text{р}} n_{\text{р}}) 1000}{Q}, \text{ чел. смены,} \quad (75)$$

где N – число рабочих смен в году;

n – число рабочих в бригаде;

$N_{\text{р}}$ – число ремонтных смен в году;

$n_{\text{р}}$ – число рабочих в ремонтной бригаде;

Q – годовая производительность отвального экскаватора, м^3 .

Трудоемкость передвижки отвальных коммуникаций определяется по формуле:

$$t_{\Pi} = \frac{1000(t_1 + t_2 + t_3)}{V_y}, \text{ чел. смены,} \quad (76)$$

где t_1, t_2, t_3 – соответственно трудоемкость передвижки 1 км отвальных путей, контактной сети и линии электропередач, чел-смены;

V_y – удельная емкость (на 1 м длины) отвала, м³;

Трудоемкость текущего содержания отвальных коммуникаций определяется по формуле

$$t_{\Pi} = \frac{l(t'_1 + t'_2 + t'_3)1000}{V_y}, \text{ чел.смены,} \quad (76)$$

где l – длина отвального тупика, км;

t_1, t_2, t_3 – соответственно трудоемкость текущего содержания 1 км отвальных путей контактной сети и линии электропередач, чел-смены.

2.13. Перспективы драглайнового отвалообразования

Использование драглайнов на отвалах с железнодорожным транспортом экономически выгодно только при наличии специфических условий. Промышленное внедрение отвальных драглайнов носит, как правило, вынужденный характер. Все это обуславливает малую степень применения драглайнового образования. В перспективе за счет значительного расширения открытого способа добычи полезных ископаемых абсолютные объемы складирования пород, выполняемые драглайнами, несколько возрастут.

Благоприятные условия для использования драглайнов в качестве отвального оборудования имеются на внешних отвалах при сложном и равнинном рельефе поверхности, на внутренних и старых отвалах, а также на гидроотвалах. Применение драглайнов на внешних отвалах может быть вызвано такими причинами, как ограниченность площадей под отвалы, складирование пород на логовых участках, недостаточная

устойчивость складироваемых пород или основания отвала и др. Эффективность применения драглайнов на внутренних отвалах зависит от устойчивости пород, текущей и конечной глубины карьера. Целесообразность применения драглайнов на старых отвалах зависит от возможности отсыпки дополнительного отвального яруса без устройства транспортных коммуникаций, что позволяет экономить значительные средства в результате ликвидации переподъема пород на отвале. Применение драглайнов на старых гидроотвалах целесообразно вследствие того, что давление и динамические нагрузки на основание у драглайнов меньше, чем у мехлопат. При складировании скальных пород существенное влияние на производительность драглайнов оказывает не крепость пород, а размер кусков.

В практике в зависимости от конкретных условий применяют различные схемы отвалообразования. Обычно драглайн устанавливают в схемы отвалообразования на высоте 8–10 м. Породу из думпкаров выгружают в приемную яму глубиной 5–6 м, шириной и длиной 25–35 м. Драглайн, черпая породу из бункера, размещает ее в отвале, размеры которого определяются радиусами черпания и разгрузки экскаватора. Высота отвалов обычно 20–40 м, ширина 120–150 м (рис.21). Если наибольшая приемная способность отвала, приходящаяся на 1 м пути, при использовании экскаваторов ЭКГ-4 составляет 500 м³, то при драглайнах ЭШ-6/60 она достигает 2000–3000 м³. Однако применение драглайнов на отвалообразовании имеет существенные недостатки: большие капитальные затраты, большие затраты энергии на черпание, перемещение и подъем породы. При плохой видимости, сильных туманах и снегопадах работа драглайна на отвалах непроизводительна, а иногда и невозможна.

Абзетцёрное отвалообразование применяют при рыхлых породах и благоприятных климатических условиях. Черпаково-ленточные абзетцеры имеют короткую черпаковую раму специальной конструкции, приспособленную для черпания породы из траншей шириной 1,5–2,5 м. Разгрузочный механизм имеет консольную форму и оснащен ленточным конвейером (рис. 22). Для выравнивания поверхности

отвала перед передвижкой железнодорожных путей служит специальная черпаковая рама длиной 10 – 15 м. Работа многочерпакового экскаватора (абзетцера) по размещению породы в отвале заключается в следующем. Экскаватор, передвигаясь по фронту отвального тупика, забирает ковшом породу, разгруженную из думпкаров в приемную траншею, и при помощи ленточного конвейера перемещает ее в отвал.

В результате многократных передвижек экскаватор заваливает свободное пространство шириной 10–40 м. После заполнения отвала на ширину заходки производится планировка поверхности и перемещение путей в новое положение.

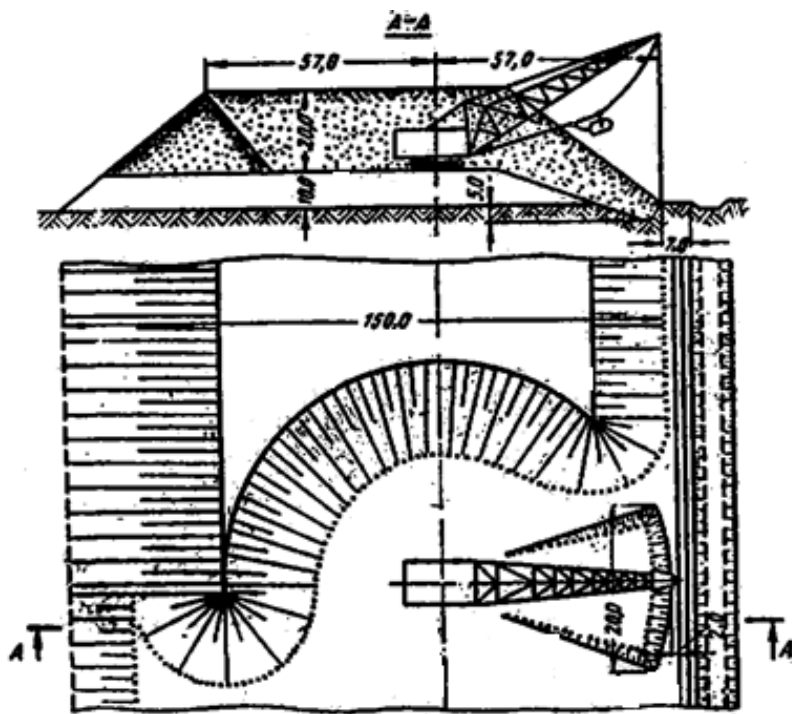


Рис.21. Схема работы драглайна ЭШ-в/60 на отвале

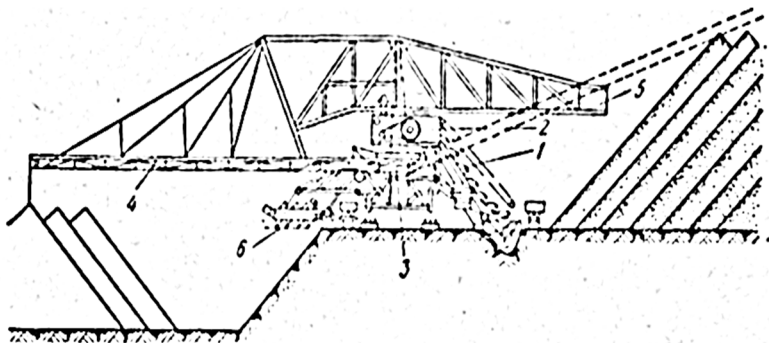


Рис.22. Черпаково-ленточный отвальный экскаватор (абзетцер):
1— ковшовая рама; 2 — разгрузочный барабан; 3 — дисковый шпатель;
4— ленточный конвейер; 5 — контргруз;
6 — подвешная планирующая рама

2.14. Складирование пород абзетцерами

Складирование пород может осуществляться абзетцерами, которые в конструктивном отношении являются разновидностью многоковшовых экскаваторов, приспособленных для отвалообразования.

Кроме отечественных карьеров абзетцеры получили широкое применение на карьерах ГДР, ЧССР, ПНР, Болгарии, ФРГ при разработке бурогольных месторождений. Абзетцеры применяются как на внешних, так и на внутренних отвалах независимо от типа экскаваторов, используемых на вскрышных работах. Наиболее эффективно применение абзетцеров в условиях мягких пород и умеренного климата. Суровые климатические условия значительно сокращают сезон работы абзетцеров. Сущность процесса складирования пород абзетцерами состоит в следующем. Абзетцер экскавирует из приемной канавы выгруженную из думпкаров породу, транспортирует ее к откосу и укладывает в отвал, а затем планирует его поверхность. Абзетцеры имеют большие рабочие параметры, которые обеспечивают значительную способность отвала и уменьшают объем путепереукладочных работ.

Конструкция и рабочие параметры абзетцеров.

Абзетцеры выпускаются поворотными и неповоротными с разгрузочным устройством ковшовым и ковшово-ленточным. Рабочий орган абзетцера состоит из многоковшовой рамы с барабаном в хвостовой части и разгрузочного устройства в виде консольного отвалообразователя.

Неповоротный абзетцер представляет собой однопортальный многочерпаковый экскаватор производительностью до $800 \text{ м}^3/\text{ч}$. Он предназначен для складирования пород только с нижней отсыпкой, что является существенным недостатком абзетцеров данного типа. Конструктивные недостатки неповоротных абзетцеров (большая масса и громоздкость разгрузочного устройства) вызывают сокращение фронта работ в каждом цикле на половину корпуса абзетцера, резкое ограничение ширины заходки (ширина заходки в пределах 10–15 м), высоты отвала и его приемной способности. Некоторые конструкции неповоротных абзетцеров имеют поворотную консоль (угол поворота $40 - 60^\circ$) с ленточным конвейером, которая обеспечивает отсыпку тупиковой части отвала и укладку породы по всему фронту. В этом случае порода из приемной канавы перегружается в бункер, из которого она поступает на ленточный конвейер. Последний перемещает и разгружает ее в отвал.

Стремление увеличить ширину отвальной заходки абзетцеров привело к установке ленточного конвейера. В дальнейшем ковшовая рама и конвейер были заменены одним длинным конвейером. На этой основе был создан поворотный абзетцер, снабженный ленточным конвейером консольного типа (рис.23), который обеспечивает большую ширину заходки и размещение породы в два яруса с одной рабочей площадки. Увеличение рабочих параметров и производительности таких абзетцеров экономически оправдано. Наиболее крупный поворотный абзетцер производительностью 100 тыс. $\text{м}^3/\text{сут.}$ создан фирмой «Крупп» (ФРГ). Он состоит из многоковшового экскаватора и отвалообразователя, передвигающихся по рельсовому пути. Масса абзетцера 3000 т. Мощность электродвигателей 4900 кВт. Емкость

каждого ковша 4500л. Длина разгрузочной консоли 91,2 м. Высота разгрузки 34 м. Техническая характеристика мощных абзетцеров приведена в табл. 13.

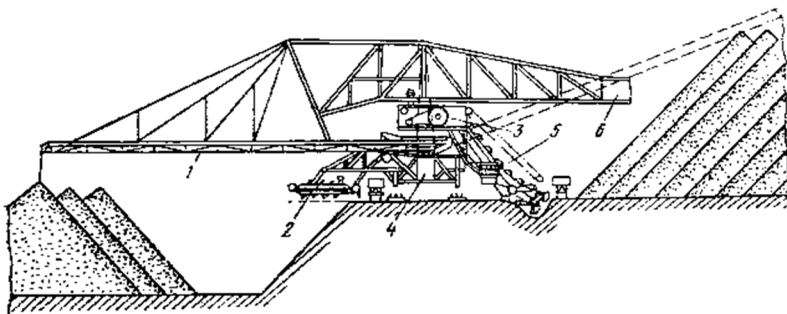


Рис.23. Схема складирования пород абзетцером с консольным ленточным конвейером:

- 1 – ленточный конвейер; 2 – подвесная планирующая рама;
3 – разгрузочный барабан; 4 – дисковый питатель; 5 – ковшовая рама; 6 – контргруз

Особенности отвалообразования при применении абзетцеров. Абзетцеры целесообразно применять для строительства отвалов. По окончании строительства отвала создается сеть железнодорожных путей и приемная канава глубиной 2,5 м и более. Форма и размеры приемной канавы зависят в основном от ёмкости думпкаров и параметров заборного устройства. Отсыпка заходки абзетцером ведется вдоль всего фронта наступающим или отступающим ходом. Шаг передвижки путей определяется вылетом отвальной консоли экскаватора. Схема развития отвала при использовании абзетцеров, как правило, параллельная двухфланговая с одним или двумя ярусами. Пути абзетцера передвигаются в новое положение после планировки и укатки предыдущей заходки.

Таблица 13

Показатели	Значения показателей для абзетцеров с ковшами ёмкостью, л						
	400	600	800	1200	1800	2000	4500
Число ссыпок в минуту	32	28	28	25	22	22	21
Теоретическая производительность, м ³ /ч	770	1000	1350	1800	2380	2640	5820
Рабочая масса, т	395	395	600	1185	1950	2500	2650
Длина разгрузочного конвейера, м	63,5	38	58	50	50	60	91,2
Установленная мощность электродвигателей, кВт	465	430	630	1230	1510	3480	4900
Ширина ленты главного конвейера, мм	1100	1500	1200	1600	1800	2200	2200
Скорость движения ленты, м/с	2,6	3,3	3,5	4	4	3,6	5,5
Ширина колеи, мм	900	900	900	1435	1435	1435	1435

Наличие гребней и неровностей не позволяет сразу передвигать пути в новое положение. Поэтому гребни срезают подвесным планировочным органом абзетцера, бульдозером или грейдером. Конструкция планировочного органа абзетцеров обеспечивает планировку гребней на участке шириной 12–15 м. Для поворотных абзетцеров объем планировки может быть существенно уменьшен дугообразной или перекрестной отсыпкой заходки.

Абзетцер обслуживает бригада из 7–9 человек. Из них 2–3 человека заняты на отвальном экскаваторе, остальные – на путевых работах.

Сменная производительность абзетцера определяется по формуле

$$Q_{\text{см}} = 60 E T_{\text{см}} n k_{\text{н}} k_{\text{и}}, \text{ м}^3, \quad (77)$$

где E – ёмкость ковша, м³; n – число отсыпок в минуту.

Некоторые показатели абзетцерного отвалообразования приведены в табл. 14 и 15.

Поточность процесса складирования пород абзетцерами и малый объем работ по передвижке путей позволяют достигнуть производительности труда рабочего на отвале 4000–5000 м³ в смену.

Таблица 14

Породы	Сменная производительность труда рабочего, м ³	Породы	Сменная производительность труда рабочего, м ³
Влажные глинистые	200	Суглинки	600
Сухие глинистые	400	Пески	800–900

Таблица 15

Показатели	Абзетцеры	
	А-400 (Байдаковский карьер)	А-120 (Семеновско- Головковский карьер)
Высота отвала, м	15	20
Шаг передвижки путей, м	32	39
Ёмкость отвала на 1 м фронта, м ³	490	780
Суточный объем складируемых пород, м ³	7500	9300
Сменная производительность труда рабочего на отвале, м ³	180	230

Таблица 16

Показатели	Путепередвигатели	
	консольный	мостовой
Шаг передвижки путей, м	0,2–0,5	0,25–0,3
Рабочая скорость движения, м/с	1,5–2,5	1,5–3
Масса, т	30–65	25–30
Мощность привода, кВт	120–200	65–120

Применение абзетцерного отвалообразования на отечественных карьерах существенно затруднено как по климатическим, так и по горнотехническим факторам. Так, на Кумертауском угольном карьере применение абзетцеров в течение 10 лет показало, что при оползневых явлениях на отвалах и в дождливый период просадки путей абзетцера приводят к его частым остановкам. Зимой применение абзетцеров также оказалось неэффективным.

Поэтому абзетцеры на Кумертауском карьере были заменены экскаваторами циклического действия. В настоящее время абзетцеры применяются лишь на некоторых бурогольных карьерах Украины.

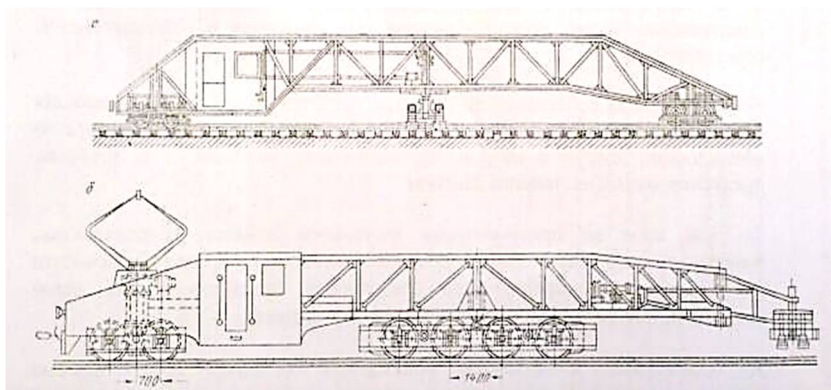


Рис. 24. Схема мостового (а) и консольного (б) путепередвигателей непрерывного действия

Доля абзетцерного отвалообразования незначительна (0,7–1 %). Есть основание утверждать, что при современной конструкции абзетцеров на большинстве крупных отечественных карьеров они применяться не будут.

При абзетцерном отвалообразовании применяются многорельсовые пути. Последние передвигаются путепередвигателями непрерывного действия консольного или мостового типа (рис. 24), характеристика которых приведена в табл. 16.

Путепередвигатель непрерывного действия передвигает пути без разборки на звенья, перемещаясь по ним передним и задним ходом. Пути соединяются специальными скреплениями. У мостового путепередвигателя роликовые захваты сначала сдвигают пути в сторону на 0,25–0,4 м, а затем начинается его движение. Передняя часть путепередвигателя идет по пути, находящемуся в старом положении, а задняя его часть – по передвинутому пути. После нескольких рабочих ходов путь передвигается на требуемое расстояние. Недостаток таких путепередвигателей заключается в невозможности передвижки путей в тупиках.

У консольного путепередвигателя роликовые захваты находятся на поворотной консоли. Работа консольного путепередвигателя облегчается тем, что передвигаемый путь не испытывает нагрузки от веса путепередвигателя. В перспективе консольные путепередвигатели будут широко применяться при различных способах складирования пород. Часовая производительность путепередвигателей непрерывного действия составляет 1200–2000 и 600–800 м² соответственно на прямых и криволинейных участках.

С применением тяжелых рельсов появилась необходимость в путепередвигателях непрерывного действия тяжелого типа. Такие путепередвигатели для рельсов типа Р65 строятся с электрическим или дизель-электрическим приводом и центральным токоприемником.

К недостаткам путепередвигателей непрерывного действия следует отнести непригодность их для работы на кривых радиусом менее 700 м и невозможность передвижки стрелочных переводов.

К основным преимуществам абзетцерного отвалообразования относятся большая высота отвала и большая приемная способность его, а также высокая производительность экскаваторов.

2.15. Бульдозерные отвалы

Бульдозеры на отвальных работах могут применяться при автомобильном и железнодорожном транспорте.

Бульдозерное отвалообразование при автомобильном транспорте состоит из разгрузки автосамосвала, планировки отвальной бровки и устройства автодорог.

На отвале устраивают главную и временную автодороги; последняя проходит близ кромки отвала. Автосамосвалы разворачиваются на временной автодороге и задним ходом подъезжают к месту разгрузки. Разгрузка производится на расстоянии 1—1,5 м от бровки отвала. При этом большая часть выгружаемой породы скатывается непосредственно под откос отвала. При такой организации работ по условиям безопасности на краю бровки отвала надлежит постоянно поддерживать породный гребень-валик, а в слабых породах укладывать ограничительный деревянный или металлический брус. Ограничительный брус удерживается двумя канатами, прикрепленными при помощи жимков к трубам, которые вбиты в массив отвального уступа и завалены крупными кусками породы. При бульдозерном отвалообразовании высота отвального уступа зависит от устойчивости пород и обычно составляет 20—40 м. На отвалах применяется одна из форм работ : разгрузка автомашин и планировка отвальной бровки совмещаются на одном участке; разгрузка автомашин и планировка отвальной бровки производятся на различных участках. Большое распространение получила вторая форма организации работ, так как разделение отвала на разгрузочные и планируемые участки создает большие удобства в работе машин и повышает безопасность труда.

Минимальная ширина рабочей площадки должна быть достаточной для разворота бульдозера (в зависимости от схемы работы бульдозера — 3 — 7 м). Максимальная ширина равна ширине отвальной заходки, которая определяется с учетом технологических и экономических факторов и для 250 сильных бульдозеров составляет 20—30 м. Длина площадки равна длине тупика, поэтому возможна разгрузка думпкаров по всей длине тупика.

Производительность бульдозера как отвалообразующего механизма и пропускная способность отвального тупика зависят от схемы работы бульдозера, от основных его параметров — объема призмы волочения и мощности двигателя трактора, от свойств пород.

Основные схемы отвалообразования: с торцевой укладкой породы в отвал, с фронтальной укладкой и их комбинация. При торцевой укладке порода выгружается в одном месте, разгрузка состава производится по одному думпкару. При фронтальной укладке разгрузка осуществляется по всей длине тупика сразу всем составом.

При использовании бульдозера Д-385А с прямым ножом длиной 4,5 м на отвалах Соколовско-Сарбайского ГОКа время разгрузки состава емкостью 210 м³ составляло 2,5–6 мин, время укладки породы в отвал 25–60 мин, а ширина отвальной заходки 35–40 м. При работе такого же бульдозера, но с косым ножом длиной 5,5 м технологическая схема упростилась и время укладки породы из одного состава сократилось до 30–35 мин.

Практика показывает, что производительность отвального тупика, оборудованного бульдозером Д-385А, такая же, как и при работе экскаватора ЭКГ-4,6. Однако показатели работы на бульдозерных отвалах лучше: капитальные затраты меньше в 3 раза, эксплуатационные расходы меньше на 40–50 %, время разгрузки состава меньше в 2 раза. Еще лучшие технико-экономические показатели ожидаются при использовании бульдозеров с мощностью двигателей 700 и 1000 л.с.

2.16. Гидромеханизационные отвалы

Этот способ отвалообразования имеет ограниченное распространение вследствие того, что он может применяться лишь при достаточном количестве воды, при породах, поддающихся размыву, и в условиях теплого климата.

Сущность гидромеханизированного способа отвалообразования при железнодорожном транспорте сводится к следующему. Породы вскрыши, доставляемые средствами транспорта на отвал, сваливаются под откос, который должен укрепляться настилом и серией стоек с продольными прогонами. Затем эта порода размывается струями воды, поступающей под напором из ответвлений магистрального трубопровода, уложенного параллельно откосу отвала. Расстояние между ответвлениями трубопровода в зависимости от свойств породы и высоты откоса

составляет 1,2–1,8 м. Размытая порода в виде пульпы самотеком уходит в пониженные места отвала. Достоинства гидромеханизированного способа отвалообразования: простота и отсутствие сложного оборудования; сравнительно редкая передвижка рельсовых путей; высокая производительность и экономичность гидромеханизационных отвалов. Однако ввиду ограниченных возможностей применения этого способа он обычно используется лишь как вспомогательный.

2.17. Технология отвалообразования с использованием плугов, абзетцеров, консольных отвалообразователей и гидравлических установок

Складирование пород консольными отвалообразователями

При разработке горизонтальных и пологих пластовых залежей (угол наклона 0–12°) в условиях сравнительно небольшой мощности покрывающих пород (не более 40 м) перемещение и складирование пород в выработанное пространство может осуществляться консольными отвалообразователями. Консольные отвалообразователи на шагающем, гусеничном или железнодорожном ходу успешно применяются в комплексе с многочерпаковыми и одноковшовыми экскаваторами при любом виде транспорта от забоя до отвала.

На карьерах для транспортирования вскрышных пород все шире применяются ленточные конвейеры. При складировании скальных пород ленточными отвалообразователями породы необходимо предварительно дробить до крупности, отвечающей требованию нормальной работы ленточного конвейера. Это требование характеризуется связью между шириной B конвейерной ленты и максимальным размером $d_{\max}$ кусков, выражаемой равенством:

$$d_{\max} = 0,5B - 100, \text{ мм.} \quad (78)$$

Применение экскаваторов непрерывного действия, ленточных конвейеров и консольных отвалообразователей – это путь создания поточности вскрышных работ во всех звеньях от

забоя до отвала. Порода в этом случае перемещается в отвал ленточным конвейером, установленным на специальном агрегате, работающем в комплексе с экскаватором. Консольный отвалообразователь представляет собой одноопорную вантовую или жесткую металлическую ферму на поворотной платформе. Платформа монтируется на железнодорожных или гусеничных тележках (применяется также шагающий или шагающе-рельсовый ход). Характеристика консольных отвалообразователей, широко применяемых на отечественных карьерах и за рубежом, приведена в табл. 17.

Таблица 17

Показатели	Отвалообразователи			
	ОШ-1	ОГ 850/75	ОШ 1500/1 25	ОШ 4500/9 0
Максимальная производительность (в рыхлой массе), м ³ /ч	650	850	1500	4500
Максимальный радиус отсыпки, м	80	75	125	90
Максимальная высота отсыпки, м	23	28	40	30
Длина приемной консоли, м	14,8	21	37,5	30
Ширина ленты приемного конвейера, мм	120	1000	1200	1800
Скорость движения ленты приемного конвейера, м/с	2,0	3,0	4,5	3,7
Ширина ленты отвального конвейера, мм	1200	1000	1500	1800
Скорость движения ленты отвального конвейера, м/с	3,3	3,7	4,5	3,7
Ход	шагающий	гусеничный	шагающий	шагающий
Рабочее давление на основание, кгс/см ²	0,46	1,15	0,713	0,85
Установленная мощность электродвигателей, кВт	180	400	1000	2000
Масса отвалообразователя, т	195	225	500	765

Одним из крупных консольных отвалообразователей на гусеничном ходу построен в ФРГ. Длина консоли 60 м при ширине ленты конвейера 1200 мм. Отвалообразователь может размещать породу на 45 м ниже горизонта установки и на 21 м

выше, т. е. отсыпает отвал высотой 66 м. Верхняя часть отвалообразователя полноповоротная. Другой крупнейший отвалообразователь на гусеничном ходу, построенный в ФРГ, имеет суточную производительность 100 тыс. м³ и консоль длиной 100 м. Он позволяет отсыпать отвал высотой 30 м.

Процесс складирования пород отвалообразователями включает следующие операции: приемку, транспортирование и укладку породы в отвал, планировку его поверхности, перемещение линии электропередач и ленточных конвейеров в новое положение, удаление поверхностных вод. Для планировки отвала применяются бульдозеры. Передвижка отвальных конвейеров осуществляется турнодозерами. Обычно на передвижке отвальных конвейеров занята та же бригада из трех человек, которая обслуживает конвейерную линию в процессе эксплуатации. Схемы складирования пород с применением консольных отвалообразователей должны быть просты, экономичны, обеспечивать высокую производительность труда, минимальное число передвижек конвейеров и максимальную приемную способность отвала. Наиболее эффективны схемы развития отвалов с параллельным и веерным перемещением фронта работ при отсыпке пород широкими или узкими заходками. Отсыпка широкими заходками осуществляется поворотными отвалообразователями. Нижний и верхний ярусы отсыпаются с одного места стояния, что позволяет уменьшить число проходов отвалообразователя вдоль фронта работ. Отсыпка узкими заходками осуществляется телескопическим конвейером, установленным между отвалообразователем и отвальным конвейером. Этот способ целесообразно применять при раздельном складировании пород. Однако для него характерны частые перемещения отвалообразователя, что уменьшает степень его использования во времени.

Заполнение заходки породой может осуществляться горизонтальными и наклонными слоями (рис. 25). Нижний и верхний ярусы отсыпаются при неизменном положении отвального конвейера.

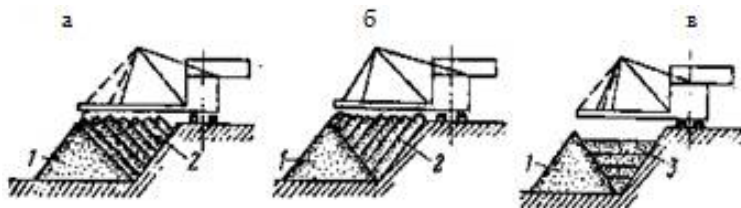


Рис. 25. Схема заполнения заходки породой горизонтальными и наклонными слоями:

а, б, в – варианты заполнения заходки:

1 – передовой отвал; 2 – наклонные слои; 3 – горизонтальные слои

Нижний ярус отсыпается в направлении от приемного пункта к границам отвала. Верхний ярус отсыпается в направлении к приемному пункту при работе отвалообразователя в комплексе с перегружателем.

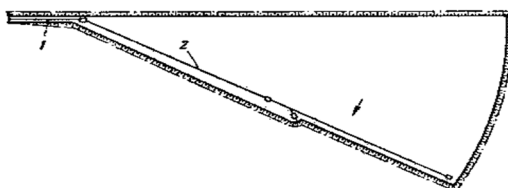


Рис. 26. Веерная схема развития отвала:

1 – магистральный конвейер; 2 – передвижной отвальный конвейер

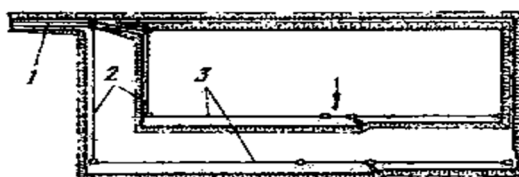


Рис. 27. Параллельная схема развития двухъярусного внешнего отвала:

1 – магистральный конвейер; 2 – соединительный конвейер;

3 – передвижной отвальный конвейер

Высота отвала при складировании перед консольными отвалообразователями зависит от их линейных параметров и физико-механических свойств пород. По данным Центрогипрошахта, высота яруса составляет 15 и 30–35 м соответственно для влажных и сухих пород. При складировании песков высота яруса достигает 50 м.

Шаг передвижки конвейера на отвале определяется по формуле

$$a = z - c, \text{ м}, \quad (79)$$

где z – вылет отвальной консоли, м; c – безопасное расстояние от оси

отвалообразователя до верхней бровки отвального откоса, м.

Длина отвального фронта работ при конвейерном транспорте, как правило, зависит от длины конвейерных ставов. Для удобства эксплуатации конвейеров целесообразно иметь на отвалах не менее двух конвейерных ставов. Тогда ремонт и передвижка хвостового конвейера не вызывают прекращения работы отвалообразователя. Длину отвального фронта рекомендуется принимать равной двойной длине конвейерного става на отвале. Число отвальных тупиков принимается в зависимости от производительности карьера и типа консольных отвалообразователей. Резервные отвальные тупики при конвейерном транспорте не предусматриваются.

При веерной схеме развития отвала (рис. 26) отвальные конвейерные линии имеют постоянную длину, поэтому нет необходимости наращивать соединительные конвейеры. Эту схему целесообразно применять на внешних отвалах. Недостатком такой системы является переменная по фронту ширина заходки, которая должна регулироваться при отсыпке отвала.

При параллельной схеме развития отвала (рис. 27) заходка имеет постоянную ширину, что значительно упрощает технологию отвалообразования. Однако на внешних отвалах эта схема требует удлинения соединительных конвейеров. Поэтому ее целесообразно применять на внутренних отвалах.

Таким образом, применение той или иной схемы развития при складировании пород консольными отвалообразователями зависит от системы разработки.

При использовании консольных отвалообразователей с целью исключения дополнительных передвижек конвейеров желательно, чтобы объемы вскрышной V_v и отвальной V_0 заходок были равны (с учетом коэффициента разрыхления), т. е.

$$k_p H_v A_v L_v = H_0 A_0 L_0, \text{ м}^3, \quad (80)$$

где H_v, H_0 – соответственно высота вскрышного и отвального уступа, м; A_v, A_0 – соответственно ширина вскрышной и отвальной заходки, м; L_v, L_0 – соответственно длина вскрышного и отвального фронта, м; k_p – коэффициент разрыхления породы.

Из выражения (80) получим формулу для определения длины отвального фронта:

$$L_0 = k_p (H_v A_v L_v / H_0 A_0), \text{ м}. \quad (81)$$

Высота яруса при нижней отсыпке зависит от физико-механических свойств пород и параметров отвалообразователя. Высота яруса при верхней отсыпке зависит от угла наклона отвальной консоли (16 – 18°) и ее длины.

Шаг передвижки отвальных конвейеров при верней отсыпке:

$$A_0 = a + L - H_0 \text{ctg} \gamma - c, \text{ м}, \quad (82)$$

где a, L – соответственно длина приемной и отвальной консоли отвалообразователя, м; γ – угол откоса отвального уступа, градусы; c – ширина бермы безопасности между верхней бровкой верхнего яруса и конвейером, м.

Шаг передвижки отвальных конвейеров при нижней отсыпке:

$$A_0 = L - c, \text{ м}, \quad (83)$$

где c – ширина бермы безопасности между отвалообразователем и верхней бровкой нижнего яруса, м.

При работе отвалообразователя с нижней и верхней отсыпкой шаг передвижки принимается равным шагу передвижки при верхней отсыпке, так как он меньше шага передвижки при нижней отсыпке. Это может быть положено в основу выбора консольных отвалообразователей и проектирования их параметров.

В последнее время на карьерах начали применять поворотнo-звеньевые отвалообразователи с основанием, позволяющим поворачивать звенья, опирающиеся на ходовые тележки, двигающиеся по монорельсу. Конструкция отвалообразователя по мере увеличения высоты отвала позволяет наращивать консольные звенья, а наличие сбрасывающих плужков клинообразной формы, установленных посередине звена, позволяет складировать породу в нужное место.

Для конструкции поворотнo-звеньевого отвалообразователя, показанной на рис. 28, объем заходки в равнинной местности можно определить по формуле М. Г. Новожилова:

$$V_0 = 1/3kl^3 \sin^3 \alpha [\pi\beta/360(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \gamma) (2\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \gamma) + \operatorname{ctg} \gamma (\operatorname{ctg} \alpha + \pi/2 \operatorname{ctg} \gamma)], \text{ м}^3, \quad (84)$$

где $k = 0,95/0,98$ – коэффициент, учитывающий пустоты между конусами породы; l_k – длина консоли отвалообразователя, м; α – угол подъема консоли отвалообразователя, градусы; β – угол поворота отвалообразователя, градусы; γ – угол естественного откоса породы в отвале, градусы.

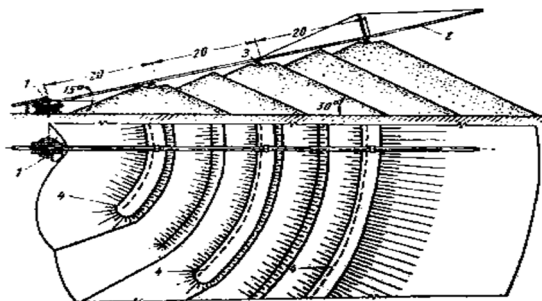


Рис. 28. Схема поворотнo-звеньевого отвалообразователя:

1 – поворотное основание отвалообразователя; 2 – консольное звено;
3 – ходовая тележка; 4 – монорельс

Достоинствами такого отвалообразователя являются совмещение функций перемещения и складирования породы, большая приемная способность отвала, небольшие металлоемкость и энергоемкость процесса. К его недостаткам следует отнести необходимость периодического наращивания конвейерных лент и значительные трудности при складировании скальных крупнокусковых пород.

2.18. Складирование пород гидравлическим способом

Годовые объемы горных работ, выполняемых на карьерах гидравлическим способом (вскрышные работы, добыча торфа, золота, песка и гравия, проведение траншей и др.), исчисляются десятками миллионов кубических метров. Так, при добыче руды, строительных материалов и угля ежегодно гидравлическим способом разрабатывается 18, 22 и 36 млн м³ горной массы. Годовая производительность гидроустановки достигает 1 млн м³ и более. При этом затраты на гидровскрышные работы в 3–4 раза меньше, а производительность труда рабочих выше, чем при использовании экскаваторов с железнодорожным и автомобильным транспортом.

Таблица 19

Гидроотвалообразование	Размыв пород	Гидротранспорт пород
Самотечное с размывом пород на приемном откосе При помощи специальных смесительных устройств При помощи водонасыщения пород из специальных труб на приемном откосе	Гидромониторами или специальными насадками Гидромониторами в бункерах Водонасыщением с помощью специальных средств	Самотечный Самотечный или напорный Самотечный за счет текучести водонасыщенных пород

Для размыва породы требуется значительная скорость потока (15–50 м/с) и напор воды до 15 кгс/см².

Для гидротранспортирования породы необходима скорость движения пульпы в пределах 1,5–5 м/с, а для укладки породы (намыва) – не более 0,03 м/с.

Существуют несколько вариантов гидравлического складирования пород (табл. 19), ниже освещены только вопросы гидравлического складирования пород на внешних отвалах при колесном транспорте.

В 1945 г. при разработке Волчанского угольного месторождения поток воды был использован для перемещения пород от места разгрузки железнодорожных составов до места укладки в гидроотвал. От насосной станции по магистральному водоводу, уложенному вдоль путей к месту разгрузки думпкаров, подавалась вода. От водовода под прямым углом устраивались отводы из труб диаметром 100–150 мм. Выходящая из отводов вода под напором 2–3 кгс/см² вымывала на откосе воронки (расстояние между воронками 1–2 м), в которые разгружались думпкары. Непрерывно поступающая струя воды размывала и уносила выгруженную из думпкаров породу, освобождая место для разгрузки очередного объема породы (рис. 29).

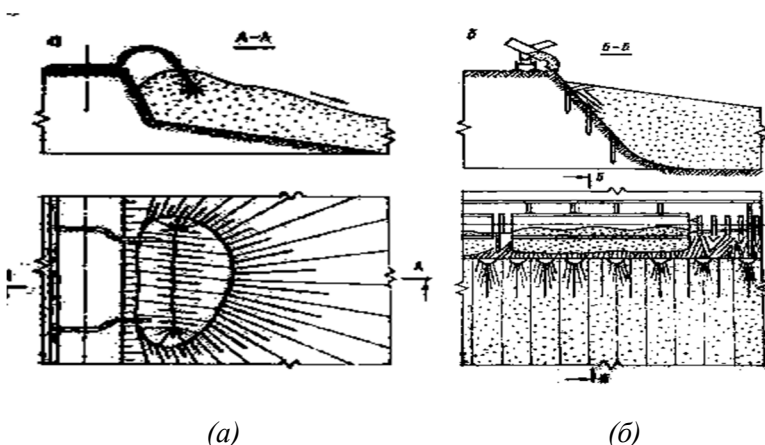


Рис. 29. Схема складирования пород гидравлическим способом:
а) с водонасыщением породы; б) со смывом породы с приемной
площадки

Смывать породу можно также из откоса отвала или специального бункера. Например, при строительстве Байдаковского угольного карьера на участке разгрузки думпкаров откос отвала с уклоном $10\text{--}12^\circ$ был обшит досками толщиной 50 мм, покрытыми железными листами. Оборудованная таким образом разгрузочная площадка на откосе отвала переходила в лоток с углом наклона $5\text{--}6^\circ$, по которому смывалась порода (вода поступала в отстойники). Расход воды на 1 м^3 породы составлял $5\text{--}10\text{ м}^3$. Суточная производительность установки достигала $5\,000\text{ м}^3$. Такой смыв породы основан на способности смоченных пород к сползанию (рис. 30). Выгруженная из думпкаров порода размывается и смачивается двумя струями воды, подаваемой по гибким шлангам, снабженным наконечником длиной 1,5 м из труб диаметром 37–50 мм. Смоченная порода под действием силы тяжести сползает, образуя откос под углом наклона $4\text{--}6^\circ$. Расход воды на 1 м^3 породы при напоре $5\text{--}6\text{ кгс/см}^2$ составляет $0,26\text{--}0,35\text{ м}^3$.

При автотранспорте породы выгружается на разгрузочной площадке, которая для безопасности разгрузки самосвалов укрепляется деревянными брусками. Порода, обильно смоченная водой из отверстий перфорированных труб диаметром 150–200 мм, сползает в отвал под откос. Когда угол откоса верхней части отвала достигает $25\text{--}35^\circ$, а нижней – $10\text{--}20^\circ$, смыв породы временно прекращается, отсыпается сухая порода в отвал, т. е. создается стенка из сухой породы. Сухая порода отсыпается до тех пор, пока она не расположится под углом естественного откоса. Затем верхняя бровка планируется и цикл работ повторяется.

МГИ совместно с Соколовско-Сарбайским ГОКом и объединением «Башкируголь» разработана новая технология гидравлического отвалообразования при железнодорожном транспорте. Сущность ее состоит в следующем. Смыв и укладка породы в отвал осуществляется мощным потоком воды, получаемым при одновременном ее выпуске из аккумулирующей емкости по трубам.

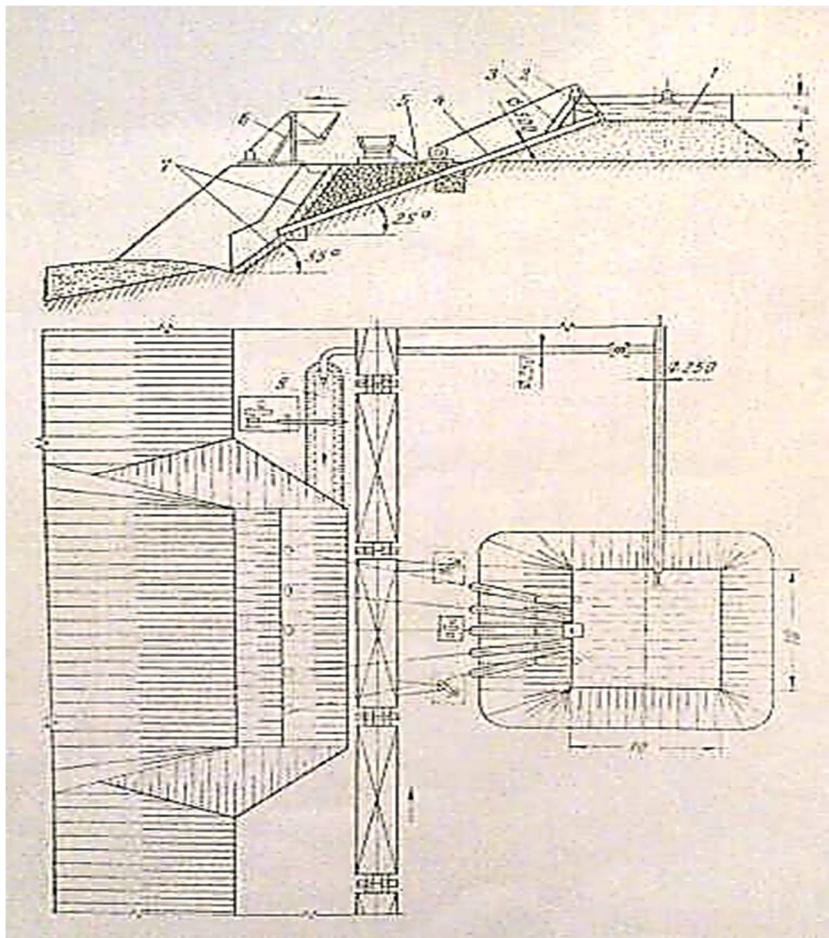


Рис. 30. Схема гидравлической установки для складирования пород с аккумулярованием воды:

- 1 — аккумуляющая ёмкость для воды; 2 — затвор; 3 — трубы слива избыточной воды; 4 — смывные трубы; 5 — анкеры для закрепления думпкаров; 6 — приспособление для очистки думпкаров; 7 — железобетонный приемный откос; 8 — лоток для сбора породы при очистке думпкаров

Развитие способов отвалообразования и их технико-экономическая оценка

В течение длительного времени основным на карьерах был плужный способ отвалообразования. Его основной недостаток – частая переукладка железнодорожных путей, требующая ручного труда, не вызывал существенных осложнений, так как объемы отвальных работ были небольшими.

Однако в 40–50-е годы текущего столетия, когда началось интенсивное строительство новых и реконструкция старых карьеров и резко возросли объемы отвалообразования, этот недостаток стал одним из основных препятствий в развитии открытых горных работ. Необходимо было в кратчайшие сроки найти такое решение, которое позволило бы выполнять возрастающие объемы отвальных работ и одновременно в несколько раз сократить число рабочих, занятых на переукладке путей.

Поэтому успешный опыт применения одноковшовых экскаваторов для отвалообразования, проведенный М. П. Тутовым в 1943–1944 гг. на Баженовских асбестовых карьерах и И. И. Русским в 1945 г. на Волчанских разрезах, очень быстро получил широкое распространение, особенно в угольной промышленности, и сыграл существенную роль в развитии открытых горных работ.

Использование одноковшовых экскаваторов позволило увеличить шаг переукладки путей в 5–8 раз, увеличить высоту уступа в 1,5–2 раза и, следовательно, сократить объем работ по переукладке в 10–20 раз. Кроме того, появилась возможность укладывать пути на балласт и принимать на отвал тяжелые локомотивы. Все это в целом сократило потребность в рабочей силе в 3–4 раза и повысило производительность труда на карьерах.

В настоящее время экскаваторный способ отвалообразования является преобладающим. В угольной промышленности, где вскрыша представлена в основном рыхлыми и полускальными породами, доля участия этого способа составляет более 80 %, а на рудных карьерах – около 50 %.

Однако себестоимость отвальных работ осталась приблизительно на прежнем уровне, так как уменьшение затрат на переукладку путей перекрывалось повышением амортизации вследствие значительно большей стоимости оборудования.

Экскаваторный способ отвалообразования имеет существенные недостатки, основными из которых являются:

1) необходимость больших единовременных капитальных затрат (они в 3–4 раз больше, чем при плужном способе), (табл. 20), а также повышенная плата за основные фонды;

2) использование на отвалообразовании, т. е. по существу на простейших вспомогательных работах сложной машины, которая конструктивно предназначена для выполнения других работ.

Таблица 20

Удельный вес основных статей затрат на отвалообразование, %

Статья затрат	Способ отвалообразования	
	Плужный	Экскаваторный
Капитальные	10–15	20–25
В том числе на приобретении монтаж оборудования	5–6	14–20
Эксплуатационные	85–90	75–80
В том числе:		
Переукладка путей....	12–13	3–4
Укладка породы в отвал...	65–70	60–70

3) высокие затраты труда на переукладке путей. Хотя при экскаваторном отвалообразовании трудоемкость этих работ значительно ниже, чем при плужном способе, однако в общем процессе переукладки механизированной является лишь переноска или передвижка путей на новую трассу. Остальные работы – разбалчивание и сбалчивание стыковых соединений, смена шпал, подгонка звена по месту, подъем капути, разравнивание балластного основания под шпалами, подбивка шпал, чистовая выправка железнодорожного пути в профиле и плане – выполняются в основном вручную. Эти операции составляют 80% общей трудоемкости работ по переукладке путей.

Создание совершенных способов механизации работ по переукладке рельсовых путей может значительно (в 2 – 3 раза) увеличить производительность труда рабочих, однако затраты на отвалообразование благодаря этому могут быть снижены лишь на 3–7 %.

Высокая себестоимость укладки 1 м³ пустых пород, а главное, большие капитальные затраты делают этот способ в современных условиях недостаточно эффективным. Поэтому ведутся поиски и разработка таких способов механизации, которые бы позволили отказаться от использования на отвале дорогостоящих экскаваторов, обеспечивая в то же время полную механизацию труда, небольшие капитальные затраты и высокую производительность отвального тупика.

Перспективным является бульдозерное отвалообразование при железнодорожном транспорте, успешно испытанное на ряде отечественных карьеров. В этом случае при той же производительности отвального тупика капитальные затраты меньше в 3 раза, а эксплуатационные на 40 – 50 %, чем при экскаваторном отвалообразовании.

С появлением намеченных к выпуску бульдозеров с мощностью двигателей 700 и 1000 л.с. этот способ станет наиболее эффективным, по-видимому, преобладающим при железнодорожном транспорте. По мере повышения мощности бульдозеров будет увеличиваться эффективность бульдозерного отвалообразования и при автомобильном транспорте.

Как при железнодорожном, так и при автомобильном транспорте возможно расширение области применения на отвальных работах одноковшовых погрузчиков большой мощности.

Основными технико-экономическими показателями отвалообразования являются: параметры отвала и, прежде всего, его высота, производительность отвального тупика, себестоимость отвалообразования и капитальные затраты. Средние показатели приведены в табл. 21.

Таблица 21

Технико-экономические показатели основных способов
На рис. 31–34 показаны схемы формирования отвалов с применением различного оборудования.

Способ отвалообразования	Характеристика пород	Высота отвала, м	Производительность тупика, тыс. м ³ / сут	Себестоимость отвалообразования коп / м ³	Капитальные затраты на 1 млн. м ³ годовой производительно сти отвала, руб.
Плужный Экскаваторный с механическими лопатами Экскаваторный с драглайнами Бульдозерный с автомобильным транспортом Бульдозерный при железнодорожном транспорте	Скальный	10–20	2,5–3,0	3–6	60–80
	Скальный	15–20	4,0–6,0 4,5–7,0	6–12 5–7	150–200
	Рыхлые	25–47	3,0–5,0	7–10	200–240
	Рыхлые	20–40	4,0–8,0	2,5–3,5	20–30
	Скальный	15–30	2,0–4,0 5,0–7,0	2,0–3,0 5–6	40

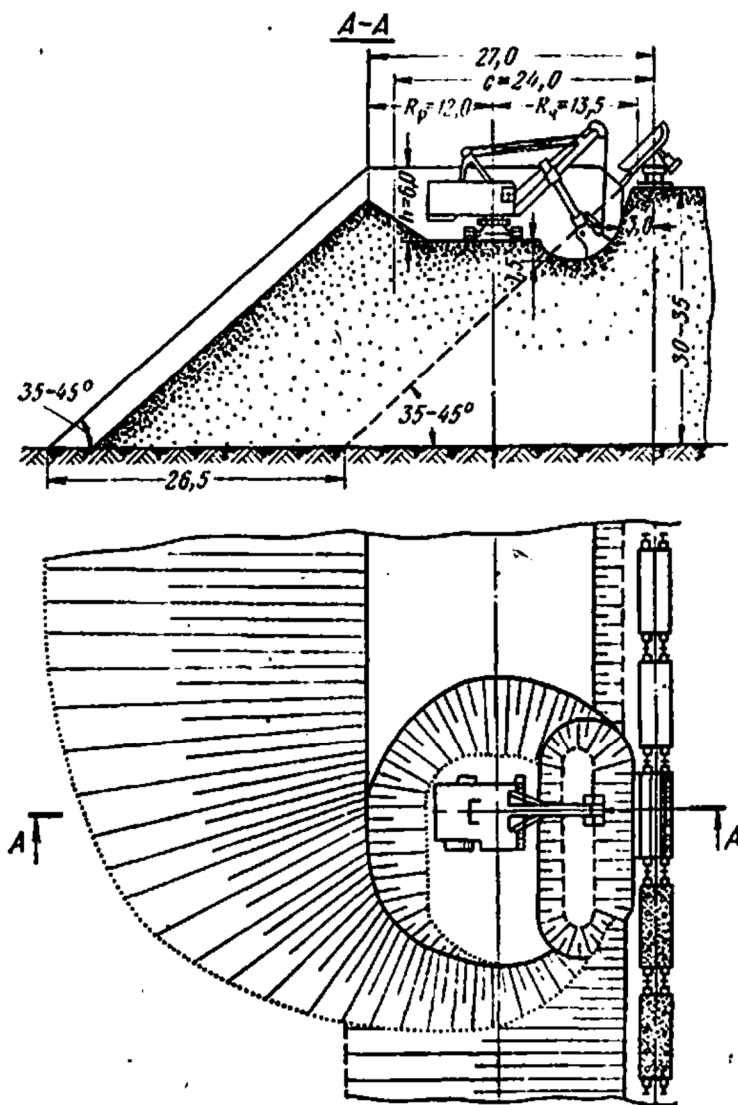


Рис. 31. Схема работы механической лопаты на отвале

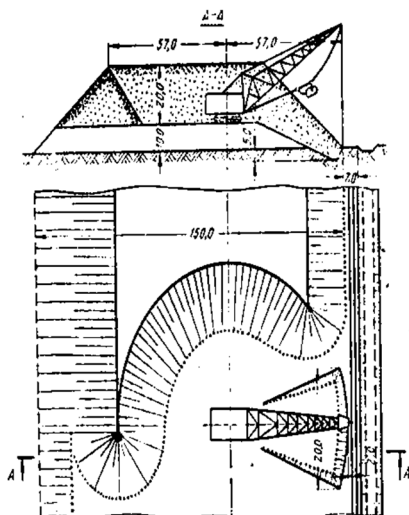


Рис. 32. Схема работы драглайна ЭШ-6/60 на отвале

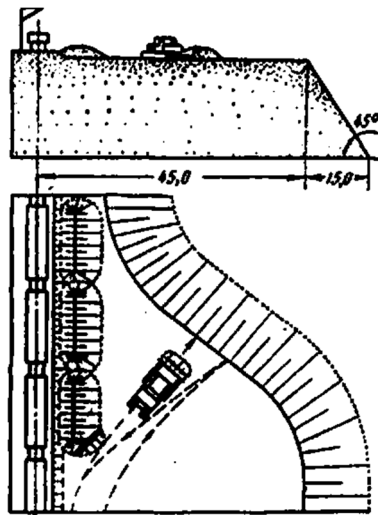


Рис. 33. Схема работы бульдозера на отвальной площадке при железнодорожном транспорте

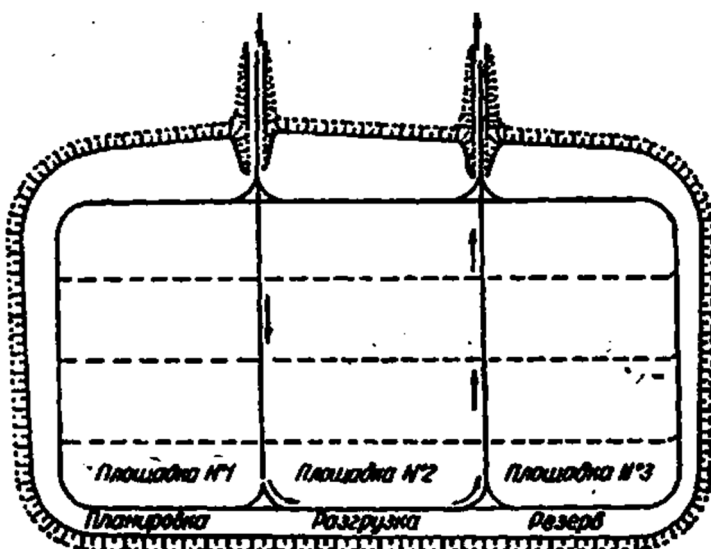


Рис. 34. Схема бульдозерного отвала при автомобильном транспорте

Глава III. ВЗАИМОСВЯЗЬ ВСКРЫШНЫХ, ОТВАЛЬНЫХ И РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ РАБОТ

3.1. Общие сведения

При складировании пород во внутренние отвалы существует жесткая зависимость подвигания фронта вскрышных работ, добычных и внутренних отвалов, а также ограниченность подготовленных к добыче запасов руды и угля. Это в значительной степени ограничивает выбор возможных вариантов схем рекультивации отвалов и, как следствие, селективной разработки вскрышной толщи [5–11].

При благоприятных геометрических параметрах карьера допустимая мощность покрывающих пород, или высота уступа H , при перевалке породы во внутренние отвалы зависит от мощности угольного пласта или рудной залежи. При большой мощности вскрыши и угольного пласта (залежи) непосредственная перевалка во внутренние отвалы неприемлема. При этом возможны два варианта системы разработки с внешними отвалами:

1. Перевалка во внешние отвалы (бестранспортная система разработки) при разработке группы небольших узких залежей, когда общий объем вскрыши достаточен для эффективного использования мощных драглайнов.

2. Складирование пород во внешние отвалы при транспортной системе разработки.

Наибольший интерес представляют крутопадающие месторождения, покрытые большой толщей рыхлой вскрыши. Для такого типа месторождений характерно применение оборудования непрерывного и циклического действий. При этом породы складировать во внешние отвалы. В отдельных случаях частично породы складировать во внутренние отвалы.

Между процессами выемки и складирования вскрышных пород существует тесная взаимосвязь. Наличие нового технологического элемента – рекультивации придает особое значение правильному выбору направления выемки при разработке карьерного поля. Вместе с тем место и время выполнения вскрышных работ, их последовательность и

календарное соотношение зависят от перспективного планирования элементов и параметров отвально-рекультивационных работ.

Распространенным критерием оценки систем разработки являются наименьшие суммарные затраты за весь срок или отдельный этап существования карьера. В большинстве случаев при установлении мощности карьера по полезному ископаемому эти затраты достигаются при ежегодных минимально необходимых объемах вскрышных работ и обеспечении нормативов в скрытых запасах полезного ископаемого. При этом минимизируются текущие и средние коэффициенты вскрыши. Однако, такой подход к выбору схем разработки покрывающих вскрышных пород и перспективному планированию горных работ при одновременной или последующей рекультивации породных отвалов не всегда рационален, так как при этом не учитываются качественная характеристика пород вскрыши, влияние на экономические показатели горных предприятий затрат на рекультивацию и изъятие земель.

Существует несколько методов определения границ открытых горных работ, однако при этом не учитывается в должной мере ущерб от изъятия и нарушения земельных площадей.

Исследованиями установлено, что наибольшее влияние на граничный коэффициент вскрыши оказывают затраты на возмещение убытков от изъятия земель и затраты на рекультивацию. Для различных горно-геологических условий количественная зависимость граничного коэффициента вскрыши от ценности земли и затрат на рекультивацию будет различна. При этом следует иметь в виду, что при календарном планировании совместной работы группы карьеров необходимо учитывать взаимосвязь размеров и ценности отчужденной земли, горно-геометрические параметры карьеров и агрохимическую характеристику покрывающих и вмещающих пород.

Режим горных работ и календарный план должны выбираться по минимуму суммы затрат на добычу руд с учетом ценности земли и затрат на рекультивацию.

Рассмотрим возможные зависимости граничного коэффициента вскрыши от ценности земли и затрат на

рекультивацию. Увеличение себестоимости руды за счет отчуждения земель во время эксплуатации карьера:

$$d_{o_1} = \frac{C_{э1}}{A_p}, \frac{\text{тг.}}{\text{т}}, \quad (85)$$

где $C_{э1}$ – ценность земель, отчуждаемых под карьер и карьерное хозяйство, тг/год; A_p – производственная мощность карьера по руде, т/год.

Для сохранения плодородия почвы и повышения плодородия малопродуктивных угодий плодородный слой необходимо снимать и хранить. Затраты на удаление, складирование и хранение плодородного слоя почвы следует относить на себестоимость вскрышных работ:

$$d_{y_1} = \frac{D_{y1}}{A_B}, \frac{\text{тг.}}{\text{м}^3}, \quad (86)$$

где D_{y1} – затраты на удаление, складирование и хранение плодородного слоя почвы с площадей, занятых карьером и отвалами, тг/год; A_B – количество отработанных вскрышных пород, м³/год.

Увеличение затрат на вскрышные работы за счет рекультивации земли, производимой во время разработки месторождения, составит:

$$d_{p_1} = \frac{D_{p1}}{A_B}, \frac{\text{тг.}}{\text{м}^3}, \quad (87)$$

где D_{p1} – эксплуатационные затраты на рекультивацию земель, тг./год.

Расходы, связанные с выплатой компенсации за ущерб от изъятия земельного участка, удалением плодородного слоя почвы и рекультивацией до ввода карьера в эксплуатацию и после прекращения его работы, предусматриваются за счет капитальных вложений. Эти капитальные вложения, как и капитальные затраты на первоначальную вскрышу, относятся на себестоимость полезного ископаемого в виде амортизации:

$$d_{o_2} = \frac{C_{32}}{P_K}, \text{тг./т}, \quad (88)$$

где C_{32} – ценность земель, отчуждаемых во время строительства карьера и после прекращения его работы (во время эксплуатационной рекультивации), тг.; d_o – увеличение себестоимости руды за счет компенсации за изъятые земельные участки в период строительства карьера и после эксплуатационной рекультивации, тг./т; p_k – объем руды, заключенный в контурах карьера, т.

Увеличение себестоимости руды за счет затрат на удаление и хранение почвы, в период строительства карьера, составит:

$$d_{p_2} = \frac{D_{y_2}}{p_k}, \text{ тг./т}, \quad (89)$$

где D_{y_2} – капитальные затраты на удаление, складирование и хранение плодородного слоя почвы с площадей, занятых общекарьерными сооружениями и коммуникациями, тг.

Увеличение себестоимости руды за счет затрат на послеэксплуатационную рекультивацию:

$$d_{p_2} = \frac{D_{p_2}}{p_k}, \text{ тг./т}, \quad (90)$$

где D_{p_2} – капитальные затраты на рекультивацию земель после прекращения работы карьера, тг.

Себестоимость добычи руды с учетом выплат за землю, затрат на удаление почвы и рекультивацию земли составит

$$C'_o = C_o + d_{o_1} + d_{o_2} + d_{y_2} + d_{p_2}, \quad (91)$$

где C_o – себестоимость добычи руды без учета затрат на вскрышу и затрат, связанных с отчуждением земель, удалением почвы и рекультивацией земель, тг./т.

Затраты на вскрышные работы:

$$b' = b + d_{y_1} + d_{p_1}, \text{ тг./м}^3, \quad (92)$$

где b – затраты на вскрышные работы в период эксплуатации карьера без учета затрат, связанных с удалением почвы и рекультивацией земель.

Аналогичным образом можно определить увеличение себестоимости переработки 1 т руды на обогащательной и агломерационной фабриках и металлургическом заводе.

Таким образом, суммарные затраты на добычу и переработку 1 т руды увеличатся за счет отчуждения земель во время эксплуатации (d_{o1}); единовременной компенсации за ущерб от изъятия в период строительства (d_{o2}); затрат на удаление, складирование и хранение почвы, осуществляемых в период строительства (d_{y2}); затрат на послеэксплуатационную рекультивацию земель (d_{p2}); отчуждаемых карьером, обогащательной и агломерационной фабриками и металлургическим заводом:

$$d = d_{o1} + d_{o2} + d_{y2} + d_{p2}, \quad (93)$$

тогда формула граничного коэффициента вскрыши примет вид

$$K_{гр} = \frac{U_d - (U_o + d)}{b'}, \text{ м}^3/\text{т}, \quad (94)$$

где U_d , U_o – максимально допустимые и суммарные производственные затраты соответственно по добыче и переработке руды, тг/т.

В окончательном виде

$$K_{гр} = \frac{b}{b'} \left(\frac{U_d - U_o}{b} - \frac{d}{b} \right) = \psi (K_{гр} + \Delta K_{гр}), \text{ м}^3/\text{т}, \quad (95)$$

где $K_{гр}$ – граничный коэффициент вскрыши без учета ценности земель на их рекультивацию, м³/т; ψ – коэффициент, характеризующий снижение $K_{гр}$ за счет увеличения затрат на вскрышные работы; $\Delta K_{гр}$ – уменьшение граничного коэффициента вскрыши за счет дополнительных затрат d , м³/т.

3.2. Селективная разработка вскрышного уступа с учетом агрохимической оценки пород

Основными факторами, определяющими целесообразность селективной выемки пород и разделения вскрышного уступа на подступы, являются:

- пригодность пород для биологической рекультивации (агро-химическая характеристика, содержание гумуса, оценка качества пород);
- затраты на выемку, транспортирование и складирование пород.

Селективная разработка и складирование пород вскрыши сопряжены с дополнительными затратами в сравнении с валовой выемкой. Эти затраты обуславливаются:

- снижением производительности основного экскавационного оборудования;
- увеличением длины и числа транспортных магистралей;
- привлечением дополнительного отвального и вспомогательного оборудования.

Однако при разработке технологии выемочно-отвально-рекультивационных работ могут быть варианты, которые предполагают как увеличение, так и сокращение расходов при селективной разработке вскрышных пород и последующей рекультивации отвалов. Например, при совпадении по времени выемочно-отвально-рекультивационных работ селективная разработка и складирование различных типов пород могут привести не к расширению, а к уменьшению площадей, занимаемых под отвалы.

Для уменьшения влияния отрицательных факторов, возникающих при разработке и складировании пород, технология и организация работ должны учитывать следующие требования:

1. В процессе выемки, транспортирования и складирования должно быть исключено перемешивание токсичных и нетоксичных пород.
2. Параметры оборудования, разделение уступа на подступы должны быть взаимно увязаны с мощностью слоя,

местоположением и требуемым для рекультивации объемом плодородных пород, подлежащих селективной разработке.

3. Организация работ должна предусматривать совмещение во времени процессов выемки, складирования пород в отвалы и их рекультивацию.

4. В процессе экскавации, транспортирования и отвалообразования должно максимально использоваться основное оборудование.

5. Порядок формирования породных отвалов должен обеспечивать минимум изъятия земель под горные работы.

Для более объективной оценки величины возрастания или сокращения затрат при селективной разработке и селективном складировании в сравнении с валовой вскрышей целесообразно выполнять эти расчеты по процессам. При этом следует учитывать возможность двух вариантов ведения отвально-рекультивационных работ:

1. Селективная разработка плодородных и потенциально-плодородных пород осуществляется при ведении вскрышных работ в карьере.

2. Плодородные и потенциально-плодородные породы для рекультивации разрабатываются вне площади ведения вскрышных работ.

Приведенные затраты при селективной выемке и складировании потенциально-плодородных пород в общем виде могут быть определены из выражения:

$$\Pi = C_B \pm (\Delta C_{C.B} - \Delta C_{C.T} - \Delta C_{C.O} + \Delta C_{C.P} + \Delta S_P) + \\ + E(K_B \pm K_{B.C} \pm \Delta K_{C.T} \pm \Delta K_{C.O} \pm K_{C.P}), (96)$$

где C_B, K_B – соответственно эксплуатационные и капитальные затраты на оборудование отвально-вскрышного комплекса, руб./т; $\Delta C_{C.B}, \Delta C_{C.T}, \Delta C_{C.O}, \Delta C_{C.P}$ – изменения эксплуатационных затрат соответственно на выемку, транспортирование, отвалообразование и рекультивация при селективном способе разработки, руб./т; $\Delta K_{C.B}, \Delta K_{C.T}, \Delta K_{C.O}, \Delta K_{C.P}$ – изменение капитальных затрат соответственно на выемку, транспортирование, отвалообразование и рекультивацию при

селективном способе разработки, тг./т; ΔS_p – изменение затрат на подготовку поверхности для размещения временных отвалов; E – отраслевой коэффициент окупаемости ($E = 0,15$).

Эффективность селективного способа разработки вскрышных пород зависит не только от их качества (ценности пород), но и от минимизации расходов на транспортирование и размещение.

При селективной выемке и раздельном отвалообразовании возможно:

- раздельное размещение различных типов пород во временные отвалы;
- обеспечение требуемых типов пород ранее созданных отвалов (старые отвалы);
- доставка и складирование плодородных грунтов на малопродуктивных угодьях.

Однако во всех случаях, определяющих целесообразность селективного способа разработки, расходы будут связаны с разработкой плодородных и потенциально-плодородных пород вскрыши. Экономическая оценка в этом случае

$$g = \alpha \frac{G_{ЦГ}}{\gamma V \cdot 100} - (C_{\Sigma} + C_{ТР} + C_{ОТВ}), \quad (97)$$

где α – содержание гумуса в породе; G – тип породы и потенциально плодородных грунтов; C_{Σ} – условные затраты на 1 т селективно разрабатываемых пород; γ – плотность пород; V – объем пород, подлежащих селективной выемке; C_{Σ} , $C_{ТР}$, $C_{ОТВ}$ – затраты на экскавацию, транспортирование и отвалообразование 1 т породы.

Для определения рациональной высоты подустапа (оптимальная мощность селективно разрабатываемого слоя) целесообразно руководствоваться экономической оценкой, представляющей разность между стоимостью 1 т плодородной или потенциально-плодородной породы и затратами на разработку этой породы.

При выемке двух смежных пластов с различным содержанием гумуса сравниваем затраты на их валовую разработку с суммой затрат на их селективную разработку. Более высокие экономические показатели имеют лучший вариант.

Наибольшая эффективность может быть получена и в случае, когда уступ разделяется не по контакту пород. Нарезка подступов не по контакту пород может дать еще более высокую эффективность как за счет увеличения объема пород с высоким содержанием гумуса, так и за счет снижения затрат на экскавацию селективно разрабатываемой породы. Последнее достигается рациональным соотношением параметров забоя и экскавационного оборудования.

Таким образом, порядок обоснования целесообразности разделения вскрышного уступа на подступы с учетом ценности пород для биологической рекультивации сводится к следующему:

1. При использовании для выемки пород экскаваторов первоначально определяем область рационального использования того или иного типа выемочного оборудования по высоте уступа в зависимости от экономической ценности разрабатываемой породы. Теоретически минимальная высота подступа, разрабатываемого экскаватором ЭКГ-4,6:

$$y = 1,68x^2 - 8,11x + 10,77, \text{ м}, \quad (98)$$

где x – процентное содержание гумуса в породе.

Аналогично для экскаватора ЭКГ-8И:

$$y = 1,44x^2 - 7,16x + 13,5. \quad (99)$$

Установлено, что с увеличением содержания гумуса в породе экономическая эффективность селективной разработки возрастает. Верхний предел рациональной высоты подступа зависит от типа выемочного оборудования.

2. При нарезке подступов не по контакту пород оптимальную высоту подступа целесообразно определять по наибольшей сумме экономических оценок исходя из условия:

$$q_{0.B} + \Delta q_{0.H} \rightarrow \min, \quad (100)$$

где q_B – затраты на разработку верхнего подступа;

q_H – затраты нижнего подступа.

В общем виде экономическую эффективность резделения уступа на подступы можно определить из выражения:

$$C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \Gamma_1 Z + \left(\frac{H_1 \Gamma_1 + (H_{y1} - H_1) \Gamma_2}{H_{y1}} \right) Z \rightarrow \max, (101)$$

где C_1, C_2, C_3, C_4 – затраты на экскавацию (разработку) верхнего (нижнего) подступа соответственно по контакту или вне контакта селективно разрабатываемых пород; H_1, H_2 – мощность соответственно верхнего и нижнего пластов; H_{y1}, H_{y2} – высота соответственно верхнего и нижнего подступов; Γ – процентное содержание гумуса в породе; Z – затраты на увеличение единицы горной массы с содержанием гумуса 1%.

По наибольшей сумме экономических оценок разработки двух смешанных потенциально-плодородных пород различной ценности находим рациональную величину селективно разрабатываемого слоя пород.

3. Проверяем, соответствует ли высота селективно разрабатываемого уступа области рационального использования принятого экскаватора. Если полученные расчетным путем экономические показатели находятся за пределами этой области, выбираем другую модель экскаватора и расчеты повторяем.

Например, при разработке двух пластов мощностью 5 и 8 м с содержанием гумуса от 1 до 0,5% экскаватором ЭКГ-4,6 высоту уступа целесообразно принимать соответственно 6 и 7 м.

При числе селективно разрабатываемых пластов больше двух метод расчета остается прежним, возрастает лишь число возможных вариантов. Кроме того, использование отличного от экскаваторов оборудования также увеличивает число рассматриваемых вариантов, при этом необходимо использование ЭВМ.

3.3. Селективное формирование отвалов мостовыми наклонными отвалообразователями

Селективную отработку пород и укладку на поверхности отвала плодородного слоя почв в большинстве случаев приходится выделять в отдельный технологический процесс. Это

часто требует дополнительного технологического оборудования, приводит к увеличению затрат на рекультивацию. Как показывает опыт рекультивации, наименьшие затраты на селективную отработку потенциально плодородных пород и отвалообразование будут при выполнении этих работ основным горнотранспортным оборудованием без использования дополнительных машин.

Известно также, что отвалы, особенно при точечной отсыпке консольными отвалообразователями, имеют неравномерную осадку поверхности, т. е. возникает необходимость ремонта рекультивированных площадей. Выполнение такого ремонта кроме значительных затрат создает невосполнимый дефицит чернозема и предопределяет трудности в проведении рекультивации при погашении карьера.

Консольные отвалообразователи, применяемые при транспортно-отвальной системе разработки, имеют разгрузочную консоль значительной длины, как правило, с одним конвейером, без устройств промежуточной отсыпки. Оборудование данного класса может вести селективное формирование отвала или за счет поворота разгрузочной консоли в плане, или за счет введения в конструкцию упомянутых устройств, причем это возможно при разработке горизонтальных и наклонных месторождений. Однако в обоих случаях потенциально плодородный слой может быть уложен только на неспланированный отвал, что неизбежно вызовет его перемещение с породами, уложенными в прилежащие гребни. После осадки отвала необходимость горнотехнического ремонта площадей очевидна.

Для селективного отвалообразования не подходят консольные отвалообразователи,

применяемые при транспортной системе разработки. Они имеют укороченную разгрузочную консоль и отвал образуют, обходя отвальный конвейер с обеих сторон (сначала отсыпается нижний ярус, затем верхний). Разделить породы по их биологическим свойствам при этом практически невозможно, так как одна часть вскрышных пород должна быть уложена вниз отвала, другая – вверх.

Необходимо оговорить частный случай применения последних отвалообразователей. При ведении вскрышных работ по многоподступной технологии возможны благоприятные ситуации, когда все токсичные породы удастся выделить в один подступ и уложить их в нижний ярус отвала. Однако, как показал опыт, разбивка уступа на подступы зависит от линейных параметров машины. Своеобразие каждого месторождения может привести или к нерациональному использованию роторного экскаватора, или неполному отделению токсичных пород от потенциально плодородного слоя. Последнее вытекает из неравномерности толщины залегания фитотоксичных пластов.

Транспортно-отвальные мосты с точки зрения селективного формирования отвала аналогичны консольным отвалообразователям для транспортно-отвальных систем разработки. Некоторые из них уже в настоящее время имеют устройства для промежуточной отсыпки. Последняя достигается разделением отвального конвейера на две или более секции с применением подвижного бункера в месте сопряжения секции. Подвижный бункер может направлять породы в отвал или на последующий конвейер. Введение в конструкцию транспортно-отвальных мостов указанных усовершенствований значительно улучшает характеристики отсыпаемых ими отвалов, но для селективного отвалообразования этого недостаточно.

Исследования показали, что для селективного отвалообразования наиболее приемлемы мостовые наклонные отвалообразователи ОМН-2500.

Мостовые наклонные отвалообразователи представляют самостоятельный класс отвалообразующего оборудования, характеризующийся тем, что покрывающие породы укладываются преимущественно под пролетным строением машины между опорными тележками, при этом одна из опор размещается на поверхности спланированного отвала, а другая – на кровле или подошве добычного уступа.

Отвалообразователь мостовой наклонный ОМН-2500А показан на рис. 35. На пролетном строении 5 установлено два конвейера: приемный 2 и отвальный подвижный реверсивный 4. Последний конвейер может быть передаточным – в крайнем

верхнем положении он передает транспортируемые породы на конвейер разгрузочной консоли 7. Пролетное строение опирается на две опорные тележки 1 и 8 с шагающерельсовым и ходовым оборудованием; на нижней тележке 1 предусмотрен узел телескопичности. На верхней тележке на опорно-поворотном круге установлена С-образная надстройка 9, содержащая машинный зал в нижнем поясе. На верхнем поясе надстройки для перегрузки транспортируемых пород установлена вращающаяся воронка 6. Кабина машиниста расположена на металлоконструкции пролетного строения над надстройкой и позволяет наблюдать как за местами перегрузки, так и за работой разгрузочной консоли.

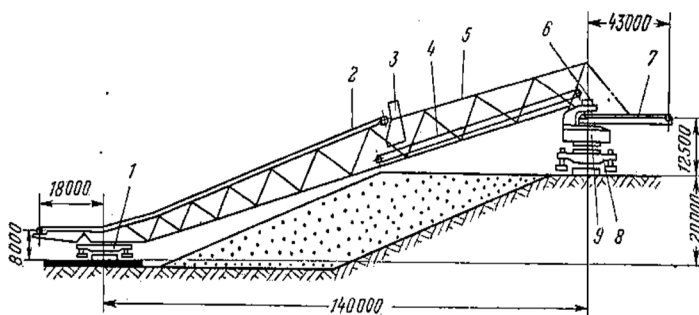


Рис.35. Схема мостового отвалообразователя

Техническая характеристика отвалообразователя ОМН-2500А

Проводительность в рыхлой массе, м ³ /ч.....	2500
Расстояние между осями опор, м.....	140
Телескопичность нижней опоры, м.....	5
Разность отметок расположения опор, м.....	20
Число конвейеров.....	3
Длина конвейерной линии, м.....	200
в том числе длина разгрузочной консоли, м.....	43
Ширина ленты конвейера, мм.....	1400

Скорость ленты, м/с.....	5-6,2
Скорость передвижения машины, м/ч.....	220
Масса, т.....	900
Удельное давление на грунт, кгс/см ² :	
под базой.....	0,8
под лыжами.....	1,0

Мостовые наклонные отвалообразователи были созданы для вскрышного комплекса, разрабатывающего породы в диапазоне мощность от 22,4 до 57 м. Расчеты показали их высокую эффективность при ведении вскрышных работ наклонными слоями. Кроме того, они могут быть применены при ведении вскрышных работ горизонтальными слоями.

Было установлено, что основным преимуществом мостовых наклонных отвалообразователей является возможность транспортирования вскрышных пород по кратчайшему пути, за счет чего резко снижается металлоемкость комплексов. Кроме того, конструкция мостовых наклонных отвалообразователей типа ОМН-2500 наиболее полно соответствует особенностям технологии селективного отвалообразования.

Во-первых, верхняя опора мостовых наклонных отвалообразователей всегда расположена на спланированном отвале. Независимо от того, в начале, или в конце заходки разрабатывается потенциально плодородный слой (при разработке наклонными заходками экскавации может производиться как сверху вниз, так и снизу вверх), его можно уложить при помощи разгрузочной консоли на спланированную поверхность, на которой расположена верхняя опора. Так как отвалообразователь в торце карьера передвигается в сторону забоя на величину вскрышной заходки с консолью 43 м, потенциально плодородный слой можно укладывать веером шириной до 50 м погребням. Толщина потенциально плодородного слоя может быть значительно больше, чем это достигается в настоящее время при укладке его автосамосвалами (1,5–2 м):

$$h_{п.п} = h'_{п.п} K_p (1 - K_{п}), \text{ м}, \quad (102)$$

где h' – мощность потенциально плодородного слоя в целике, м; K_p – коэффициент разрыхления; K_d – коэффициент перемешивания, учитывающегося долю потенциально плодородного слоя, перемешивающегося с подстилающими породами. При этом вследствие совмещения укладки потенциально плодородного слоя с основным выемочным процессом не требуется дополнительных затрат на селективное формирование отвалов.

Во-вторых, спланированный отвал, на котором размещается верхняя опора отвалообразователя ОМН-2500, покрывается потенциально плодородным слоем после частичной осадки. Кроме того, благодаря наличию подвижного реверсивного конвейера отвалообразователь имеет значительно больше точек отсыпки, чем известное оборудование непрерывного действия, и породы укладываются более равномерно, что обеспечивает более равномерную осадку поверхности отвала в дальнейшем. Все это позволяет сделать вывод, что при использовании мостовых наклонных отвалообразователей уменьшается объем работ по ремонту рекультивированных участков.

В-третьих, отвалообразователи ОМН-2500 имеют такое конструктивное исполнение, при котором точки отсыпки можно менять на ходу, без остановки роторного экскаватора. Это значительное преимущество по сравнению с консольными отвалообразователями, у которых точка отсыпки изменяется при повороте всего верхнего строения. Высокая мобильность машины при изменении точек отсыпки существенно повышает эксплуатационную производительность комплекса.

В-четвертых, линейные параметры эксплуатируемых в настоящее время комплексов машин непрерывного действия и одноковшовых экскаваторов при поперечном перемещении вскрышных пород не позволяют производить отвалообразование без переэкскавации. Так, коэффициент переэкскавации по карьерам колеблется от 0,4 до 1,7. Это имеет место даже при использовании такого мощного оборудования, как драглайн ЭШ-15/90, и роторного комплекса, состоящего из экскаватора ЭР-1250 и отвалообразователя ОШ-105/1500. Применение мостовых наклонных отвалообразователей исключает указанную операцию.

Мостовые наклонные отвалообразователи ОМН-2500 допускают последовательную работу с передачей транспортируемых пород с машины на машину. Таким образом, можно значительно увеличить высоту отсыпаемых отвалов. На рис. 36 показана спаренная работа отвалообразователей ОМН-2500А.

Экономический эффект от применения мостовых наклонных отвалообразователей ОМН-2500А в составе унифицированных по технологическому признаку вскрышных роторных комплексов приведен в табл. 22.

Таблица 22

Годовой экономический эффект от применения мостовых наклонных отвалообразователей ОМН-2500А

Мощность вскрыши, м	Число отвалообра- зователей	Экономический эффект, тыс.руб.			Суммарный годовой экономический эффект, тыс.тг.
		от экономии по приведен-ным затратам	от уменьшения расходов на горнотехническую рекультивацию	От увеличения затрат на строительство разрезной траншеи	
22,4	1	9723	35,55	-	1007,25
34,2	2	793	18,0	106,55	704,45
45,6	2	878	11,5	151,71	866,50
57,0	2	1050	3,0	154,44	898,56

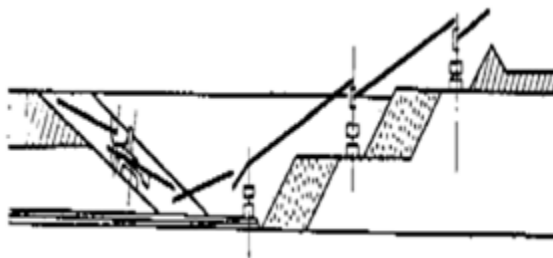


Рис. 36. Схема установки оборудования при селективном формировании отвалов

3.4. Технология разработки плодородного слоя почвы

В соответствии с основными положениями по восстановлению земель предприятия обязаны снимать и транспортировать к месту укладки (или временного хранения) плодородный слой почвы и наносить его на восстанавливаемые земли или малопродуктивные угодья [5–17].

Горнотехническая рекультивация земель, нарушенных горными работами, начинается со снятия плодородного слоя почвы на всех площадях, отведенных под производственные объекты предприятия.

Снятие плодородного слоя с использованием бульдозеров различных моделей является наиболее распространенным. Плодородный слой снимается последовательными заходками, и создается временный почвенный штабель. Погрузка почвы производится экскаваторами или погрузчиками в транспортные средства. Ширина заходки устанавливается с учетом создания за две заходки почвенного штабеля, обеспечивающего полную загрузку ковша за одно черпание.

Бульдозер работает по следующей схеме: машина срезает и перемещает слой почвы в штабель на расстояние, не превышающее 50 м, а затем возвращается в исходное положение и цикл повторяется (рис. 37, 38).

Более сложен процесс снятия плодородного слоя почв на территориях лесного фонда, проведению которого препятствует наличие древесной и кустарниковой растительности с хорошо развитой, глубоко проникающей корневой системой. Поэтому снятию плодородного слоя площадей, занятых лесом, должна предшествовать уборка деловой древесины и мелколесья, раскорчевка территории от пней и кустарников, разрыв корней. Для выполнения этих работ применяют корчеватели, кусторезы, бульдозеры и рыхлители.

Снятия плодородного слоя подготовленного таким образом участка производят бульдозером. Достоинство такой схемы – в возможности применения ее в горных условиях.

Для снятия плодородного слоя целесообразно использовать машину ОСГ-300 на базе трактора ДЭТ-250. Навесное устройство машины позволяет снимать плодородный слой почвы

мощностью 0,5–0,7 м послойно за два-три прохода. Исходя из рационального расстояния транспортирования, ширина обрабатываемого участка не должна превышать 230 м. Для повышения производительности ОСГ-300 почву дополнительно рыхлят рыхлителем или плугом. Снятый подородный слой этой же машиной укладывают в штабель.

В период эксплуатации месторождения при производстве вскрышных работ плодородный слой почвы срезается бульдозером параллельно или поперечно вскрышному уступу и сбрасывается на рабочую площадку, затем грузится основным технологическим оборудованием и вывозится транспортными средствами во временный отвал или на рекультивируемую площадь.

Съем плодородного слоя почвы производится отдельными участками длиной 30–40 м, шириной 10–12 м. С каждого участка снимается 150–240 м³ плодородного грунта.

При разработке вскрышных уступов необходимо иметь данные по агрохимическому составу, что позволит осуществлять селективную выемку грунтов, пригодных для последующей рекультивации. Плодородный слой снимается бульдозером и сбрасывается на рабочую площадку в навал, а потенциально-плодородные грунты извлекаются мехлопатой, а затем плодородный слой и потенциально-плодородные грунты грузятся экскаватором в думпкары.

При разработке вскрышного уступа драглайном последний снимает плодородный слой почвы и складывает в штабель вдоль железнодорожного пути с последующей погрузкой в транспорт. Недостаток этой технологической схемы – драглайн можно использовать лишь для съема плодородного слоя почвы мощностью не менее 0,5 м (рис. 39). При наличии автотранспорта его целесообразно использовать для перевозки плодородного грунта. В этом случае снятый бульдозером плодородный слой собирается в штабель с последующей погрузкой в транспорт погрузчиком.

Использование скрепера в период проведения горнотехнической рекультивации позволяет выполнить ряд последовательных операций одной машиной: снятие, погрузку и транспортирование плодородного слоя почв

рекультивируемую поверхность или во временные отвалы. Технология работ следующая: плодородный слой почвы срезается при движении скрепера по прямой. Длина участка выбирается с учетом обеспечения полного заполнения ковша скрепера за один проход. Целесообразно срезать слой мощностью 0,1–0,15 м и шириной, равной 0,3–0,5 длины ковша. Плодородный слой почвы транспортируется на расстояние, не превышающее 2 км. Скрепер разгружает привезенный грунт слоями заданной мощности. Для увеличения производительности скрепера снимаемый плодородный слой почвы рыхлят плугом или рыхлителем. Скрепер используют также для планировки плодородного грунта на рекультивируемой площади (рис. 40).

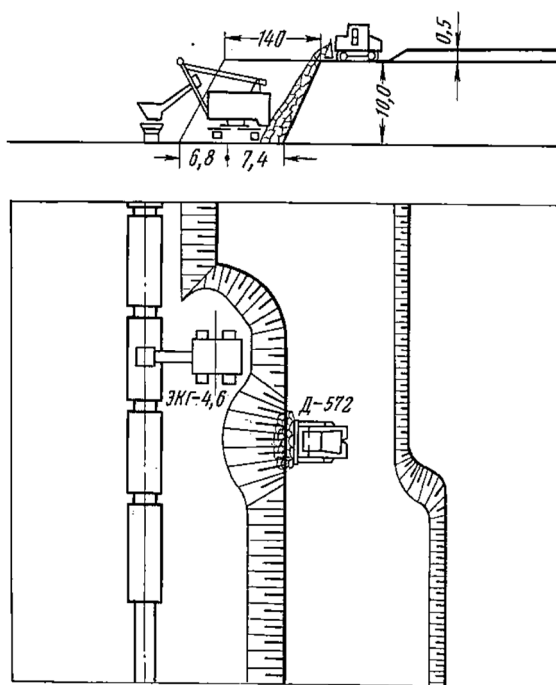


Рис. 37. Съем бульдозером плодородного слоя почвы с последующей погрузкой его в думпкары

Для производства горных работ открытым способом требуется значительная территория, на которой располагаются добычные и обогащительные комплексы – карьеры, отвалы, железнодорожные и автомобильные дороги, промышленные сооружения горно-обогатительных фабрик. Непосредственной задачей горно-добывающих предприятий является возврат нарушенных земель их прежним владельцам.

Безусловно, земли не могут быть возвращены прежним владельцам в таком количестве, в каком были изъяты для горного производства.

В результате проведения вскрышных работ на карьерах происходят хаотичное перемешивание пород и ликвидация плодородного слоя – почвы. Поэтому качества земель зависит от почвообразующей породы и мощности черноземного слоя.

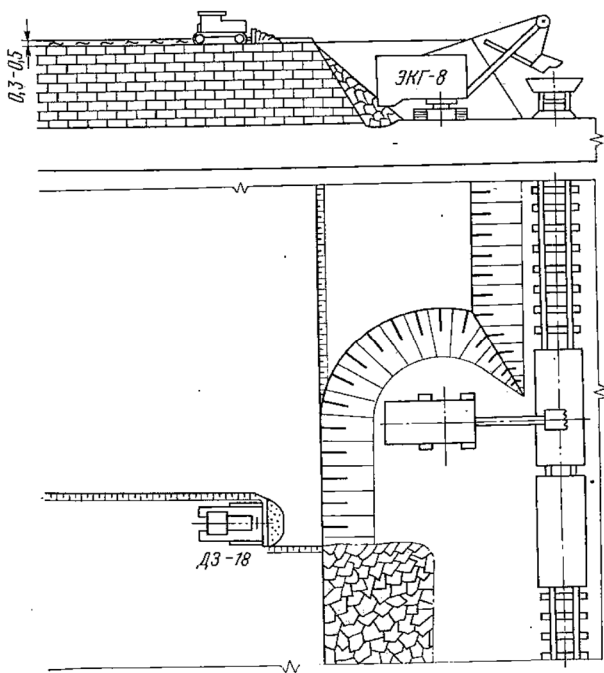


Рис. 38. Съем плодородного слоя бульдозером, потенциально плодородных грунтов экскаватором

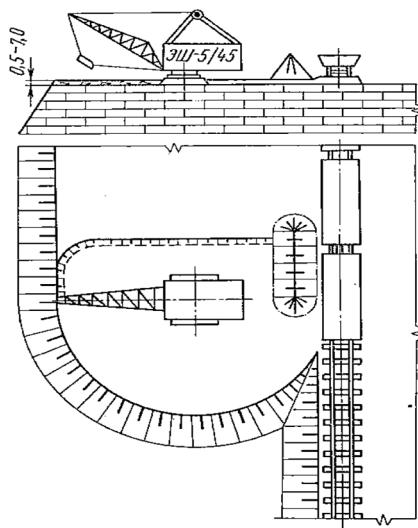


Рис. 39. Селективная разработка вскрышного уступа драглайном

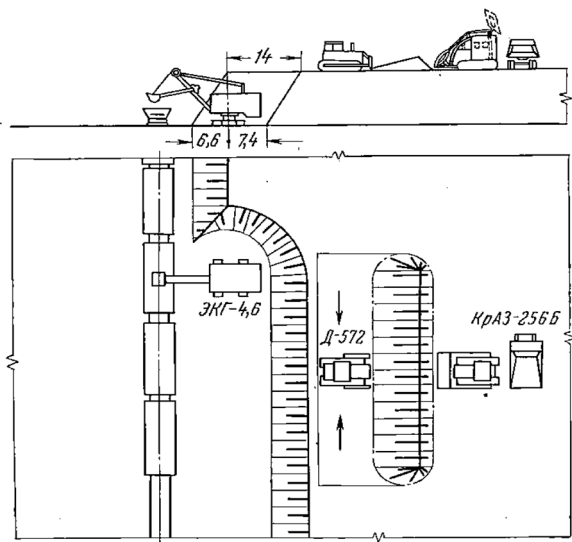


Рис. 40. Съем плодородного слоя почвы с последующей погрузкой в автотранспорт

3.5. Снятие и транспортирование чернозема колесными скреперами

На открытых горных работах все более широкое распространение получают колесные скреперы, особенно на снятии и транспортировании плодородного слоя. Колесные скреперы большой емкости являются высокопроизводительными и эффективными машинами, которые выполняют весь цикл работ по рекультивации земель.

Ниже приводятся возможные технологические схемы работ колесных скреперов на снятии, транспортировке и укладке чернозема применительно к карьерам, разрабатывающим горизонтальные месторождения, с внутренними отвалами.

Схема I. Чернозем снимается, транспортируется и разгружается колесным скрепером на поверхности рекультивируемого участка за один цикл. Работы производятся в следующем порядке.

Фронт работ на передовом (верхнем) уступе делится на два примерно равных участка. Чернозем снимается на запланированную величину подвигания горных работ В.

На каждом участке площадь разбивается на блоки шириной, равной расстоянию загрузки скрепера.

Средняя длина транспортирования чернозема скрепером составляет

$$l_{\text{тр}} = 0,5 (B + B_0 + L) + B_{\text{раб}} + B_{\text{и}} + 3c_1, \text{ м}, \quad (103)$$

где B – запланированная длина подвигания передового уступа, м; B_0 – ширина участка на отвале, покрываемого черноземом, м; $B_{\text{раб}}$ – ширина рабочей зоны карьера, м; $B_{\text{и}}$ – ширина отвала с интенсивной осадкой поверхности, м; L – полная длина фронта работ на передовом уступе, м; c_1 – безопасное расстояние от забоя или трассы движения скрепера до бровки передового уступа, м.

Схема II. По этой схеме чернозем первоначально складывается вдоль нерабочего борта карьера. При этом склад должен иметь минимальную ширину, чтобы под него задолживать как можно меньшую площадь земель.

По мере подвигания фронта горных работ для покрытия отвала черноземом последний транспортируют со склада кратчайшим путем.

Схема III. По этой схеме плодородный слой снимают, транспортируют и разгружают на временный склад, расположенный на отвале.

После интенсивной осадки отвала плодородный слой со склада доставляют колесными скреперами на рекультивируемую площадь.

Среднее расстояние транспортирования плодородного слоя от забоя до склада:

$$l_{\text{ТР}_1} = 0,5 (B + B_0 + L + l_c) + 3_{\text{С}_1}, \text{ м}, \quad (104)$$

а со склада на рекультивируемую площадь:

$$l_{\text{ТР}_2} = 0,25 L - 0,5 l_c, \text{ м}, \quad (105)$$

где l_c – средняя ширина склада, м.

Каждая из рассматриваемых схем имеет свои достоинства и недостатки. При первой схеме организация работ простая, не требуется дополнительной площади под временный склад, но длина транспортирования большая.

Вторая схема отличается минимальной длиной транспортирования, но при ее применении требуется дополнительная площадь для хранения плодородного слоя и усложняется работа колесного скрепера из-за использования его для разгрузки и загрузки почвы на временном складе.

При третьей схеме длина откатки короче, чем при первой, и не требуется дополнительной площадки для хранения плодородного слоя. Однако работа здесь усложняется из-за организации временного склада.

Для оценки приведенных технологических схем рассмотрены два варианта расчетов основных технико-экономических показателей работы скреперов на карьерах.

Вариант 1 – карьер с параметрами: длина передового уступа $L = 2000$ м; ширина рабочей зоны карьера $B_{\text{раб}} = 1200$ м; годовое

подвигание фронта горных работ $B = 200$ м; $B_{\text{и}} = 400$ м. Эти параметры характерны для современных карьеров, разрабатывающих горизонтальные месторождения полезных ископаемых.

Вариант 2 – карьер с параметрами: $L = 800$ м; $B_{\text{раб.}} = 200$ м; $B = 90$ м; $B_{\text{и}} = 180$ м. Данные параметры характерны для небольших карьеров по добыче строительных материалов.

В обоих примерах рассмотрена возможность использования двух наиболее мощных скреперов; сомоходного Д-302 с ковшем емкостью 13 м^3 и прицепного Д-511 с ковшем емкостью 15 м^3 (табл. 23).

Таблица 23

Вариант	Скрепер	Производительность скрепера (Q , $\text{м}^3/\text{ч}$) и затраты (Z , коп./ м^3) по схемам					
		I		II		III	
1	Д-511	130	27	248	14	137	26
	Д-302	224	13	376	8	220	14
2	Д-511	360	10	428	8	288	12
	Д-302	554	5	540	5,4	405	7,4

Как видно из приведенных расчетных данных, на выбор экономической схемы работы скрепера влияют параметры карьера и тип скрепера. Так, на карьерах с большими размерами в плане с применением ранних типов скреперов наиболее экономически выгодной является схема II. На карьерах с небольшими размерами в плане наихудшей является схема III. Лучшие показатели наблюдаются при схемах I и II.

Отвальные работы, являясь важным звеном открытой разработки месторождений полезных ископаемых, характеризуются значительной трудоемкостью и относительно высокими затратами. Строгий научный подход к решению комплекса вопросов по исследованию, проектированию и внедрению наиболее эффективных средств и способов отвалообразования и рекультивации может дать ощутимую экономию большинству карьеров. Одновременно могут и должны быть повышены безопасность труда, производительность и культура производства на отвалах.

Внедрение более мощного горного и транспортного оборудования на карьерах вызывает необходимость изыскания новых схем механизации и организации отвалообразования и рекультивации. До последнего времени отвальным работам не уделялось должного внимания. Поэтому предстоит еще многое сделать, чтобы поднять отвальные работы на должный уровень.

3.6. Складирование пород колесными скреперами

Технология складирования мягких и мелкообломанных пород скреперами в сочетании с бульдозерами, разработанная МГИ совместно с НИИОГРом, заключается в следующем. У приемного откоса с бульдозером создается горизонтальная или слабонаклонная площадка шириной до 20 м и длиной не менее 40 м, обеспечивающая наполнение ковша скрепера емкостью до 30 м³. Навал выгруженной из думпкаров породы планируется бульдозером. В результате на площадке образуется низкий подступ, который перемещается скрепером на расстояние до 500 м. Затем вторым бульдозером со стандартным лемехом порода сталкивается под откос.

На отвальном тупике может работать несколько скреперов. На каждый скрепер рекомендуется выделять по два блока длиной 200 – 250 м. В одном из блоков осуществляется разгрузка составов, в другом – скреперование. Минимальное расстояние между скреперами не менее 50 м.

Каждый из двух бульдозеров, занятых на планировке и укладке пород в отвал, способен обеспечить скреперам объем работ до 6000 м³/ч. Пропускная способность отвального тупика (с обменными и дополнительными обменными тупиками на отвале) при ёмкости состава 300–500 м³ составляет 50–60 пар поездов в сутки, что позволяет в каждом тупике уложить за год 4,5 – 6,5 млн. м³ пород. Аналогичные показатели для самоходных скреперов в 1,5 раза меньше. При использовании скреперов капитальные затраты в 1,75 раза, эксплуатационные в 1,15 раза, численность рабочих в 2,2 раза меньше, чем при использовании мехлопат. Сменная производительность скрепера определяется по формуле

$$Q_c = 60 \frac{E}{T_{\text{ц}}} T_{\text{см}} k_{\text{н}} k_{\text{с}}, \text{ м}^3, \quad (106)$$

где E – емкость ковша скрепера, м^3 ;
 $T_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла, мин;
 $k_{\text{с}}$ – коэффициент скреперования,

$$k_{\text{с}} = \frac{k_{\text{н}}}{k_{\text{р}}}. \quad (107)$$

Скреперы преодолевают подъем в грузовом направлении до 25 %. Минимальный радиус поворота скрепера 12–15 м. Рабочая скорость колесных скреперов достигает 10 км/ч. Ширина захвата до 4 м. Глубина резания до 0,5 м. Загрузка ковша скрепера осуществляется за 5–7 мин, а разгрузка – за 0,5–1 минуту. Для ускорения набора породы возможна работа скрепера с толкачом. В качестве толкача целесообразно временно использовать один из бульдозеров, входящий в состав отвального комплекса.

Применение скрепов позволяет значительно уменьшить объем переукладки и протяженность отвальных путей и повысить концентрацию отвальных работ.

Недостатками скреперного отвалообразования являются сложная организация работ, площадный способ формирования отвала, требующий привлечения вспомогательного оборудования, сезонность работ. Эффективность скреперного отвалообразования в большой степени зависит от физико-механических свойств складированных пород.

Глава IV. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ НА ОТВАЛАХ

4.1. Общие сведения

На отечественных карьерах железнодорожным транспортом транспортируется более 60 % горной массы. Наряду с железнодорожным, успешно применяются и другие виды карьерного транспорта. По мере продвижения фронта горных работ необходимо перемещение забойных и отвальных путей [4–18]. На угольных, рудных и нерудных карьерах Урала длина перемещаемых путей составляет 40–60 % суммарной длины карьерных путей. В табл. 24 приведены объемы путевых работ и способы их механизации на угольных карьерах.

Таблица 24

Год	Длина передвинутых путей, км	Длина путей, передвинутых механизированным способом, км				Уровень механизированной передвижки путей, %
		всего	Кранами	в карьерах	на отвалах	
1965	7507,2	7364,1	2474,4	6709,2	654,9	98,1
1970	9667,2	9660	2612,1	8970,3	689,7	99,9
1971	9262,7	9261,6	2720	8551,7	709,9	99,9
1972	7138,4	7137	2703,8	6321,5	815,5	99,9
1973	6847,1	6844,9	2900,7	6021,3	823,6	99,9
1974	7911,2	7910,5	2916,8	7065,4	845,1	99,9

Отечественные карьеры, являясь высокомеханизированными горными предприятиями, оснащены высокопроизводительным горным и транспортным оборудованием. Происходит дальнейшая механизация тяжелых и трудоемких вспомогательных работ.

Вспомогательные работы на карьерах и отвалах при железнодорожном транспорте включают передвижку, текущее содержание и ремонт железнодорожных путей и контактных сетей, очистку транспортных сосудов от налипания и намерзания пород.

Одним из трудоемких процессов является передвижка железнодорожных путей как в карьерах, так и на отвалах вследствие непрерывного перемещения фронта работ. Затраты труда на перемещение путей на угольных карьерах составляют 30–40 % общих затрат труда. На текущем содержании путей занято до 25 % общей численности рабочих. Затраты труда на текущее содержание 1 км путей в год составляют 500–600 и 800–1200 чел.-смен. Поэтому высокий уровень механизации путевых работ в значительной степени способствует улучшению технико-экономических показателей открытых горных разработок. Исследования УкрНИИ проекта показывают, что затраты труда на путевых работах в карьере на передвижных путях составляют 87,5 %, а на постоянных путях – лишь 12,5 % (табл. 25).

Таблица 25

Вид работ	Трудоемкость работ на путях, %		Удельный вес, %
	передвижных	постоянных	
Переукладка	36,58	0,68	37,26
Текущий ремонт	27,57	9,93	37,50
Балластировка	10,05	1,74	11,79
Земляные работы	13,29	0,16	3,45

Из данных таблицы видно, что основные затраты на путевые работы приходятся на переукладку и текущий ремонт путей. Допускаемый износ рельсов всех типов для магистральных путей составляет 9 и 10 м соответственно в вертикальном и горизонтальном направлениях. Для повышения сопротивляемости рельсов износу рекомендуется смазывать колеса или рельсы. Смазка внутренней стороны головок рельсов или гребней колес увеличивает срок службы рельсов в 2–3 раза, уменьшает износ реборд колес и сопротивление движению поезда.

Преждевременный выход из строя верхнего строения путей на карьерах (в основном рельсов) увеличивает объем текущего ремонта и переукладочных работ. Как показывает практика, повышенный износ рельсов на передвижных путях в карьерах объясняется некачественной подготовкой земляного полотна, недостаточной толщиной балластного слоя, отсутствием

водосточных канав, частой передвижкой путей, динамическими нагрузками, порчей рельсов при сходах подвижного состава, воздействием взрывных работ, оползневыми явлениями и просадками, зачистками путей экскаваторами и др. Установлено, что 10–15 % рельсов выходит из строя вследствие аварий, 10–20 % – вследствие изломов в стыках при посадках пути и 5–10 % – вследствие искривлений во время взрывов и оползней. Большое количество рельсов при передвижных путях изнашивается вследствие наличия кривых с малыми радиусами. По данным Ленгипроруды, Гипрошахта, Южгипрошахта, криволинейные участки пути на карьерах составляют 35–60 % общей длины передвижных путей. Срок службы рельсов Р43 на передвижных путях приведен в табл. 26.

Таблица 26

Карьер	Срок службы рельсов Р43, год	
	В карьере	На отвале
Экибастузский	До 8	5–6
Карьер б. треста «Вахрушевуголь»	5–6	До 8
Карьер б. треста «Волчанскуголь»	До 8	До 8
Гороблагодатский	5–6	10
Высокогорский	4–5	5–6

4.2. Организация работ при перемещении путей

Способы переукладки путей на отвалах. Перемещение железнодорожных путей на карьерах и отвалах осуществляется двумя способами: без разборки и с разборкой их на отдельные звенья. При перемещении без разборки пути постепенно перемещаются путепередвижателями. При втором способе перемещения пути разбираются на отдельные звенья и переукладываются в новое положение кранами, экскаваторами или бульдозерами со специальными приспособлениями. На отвалах наибольшее применение получила крановая переукладка путей. Известны следующие схемы переукладки путей кранами: непосредственная переукладка отступающим ходом,

непосредственная переукладка наступающим ходом, переукладка на промежуточную трассу, переукладка с применением железнодорожного крана и платформы [5–14].

Непосредственная переукладка звеньев на новую трассу за один прием отступающим ходом наиболее проста и дешева. Однако применяется она сравнительно редко, так как шаг переукладки при этом относительно небольшой и не соответствует ширине заходки мощных экскаваторов на отвале. Кран, двигаясь от тупика, переукладывает звенья на новую трассу. Переукладку можно начинать при отсыпке верхнего отвального подустапа отступающим ходом. В этом случае кран перемещается по обкатанным путям, которые обеспечивают его надежную и высокопроизводительную работу. Однако принимать породу можно только после переукладки всего тупика и проведения послеукладочного ремонта путей.

Если цикл отвалообразования заканчивается в тупиковой части, переукладка звеньев осуществляется наступающим ходом. Отсыпку новой отвальной заходки начинают сразу же после переукладки путей на длину фронта, обеспечивающую размещение состава для разгрузки и возможность продолжения переукладки. Производительность крана в этом случае ниже, так как он простаивает из-за необходимости соединения звеньев и последующего ремонта путей.

Переукладка звеньев на промежуточную трассу применяется в тех случаях, когда шаг переукладки больше вылета стрелы. Кран с отступающим ходом переукладывает звенья на промежуточную трассу, а затем наступающим ходом – на новую трассу.

Производительность крана при этой схеме значительно ниже, чем при рассмотренных выше схемах. Эта схема применяется при большой ширине отвальной заходки.

Сменная производительность крана на переукладке путей определяется по формуле:

$$A_H = \frac{60T_{cm}l\eta}{t}, \text{ м}, \quad (108)$$

где T_{cm} – продолжительность смены, ч;

l – длина звена пути, м;

$\eta = 0,6-0,75$ – коэффициент использования крана во времени;

$t = 5-8$ мин – продолжительность цикла перемещения пути в новое положение.

По данным практики, сменная производительность 25-тонного крана на переукладке железнодорожных путей в один прием составляет 300–500 м при шаге переукладки 12–16 м. В зимний период вследствие примерзания путевой решетки к земляному полотну производительность кранов уменьшается на 25–30 %.

Суточный объем путепереукладочных работ на отвальном тупике:

$$Q_{\text{пут}} = \frac{L_{\text{г}} L_{\text{п}}}{nB}, \text{ м}, \quad (109)$$

где $L_{\text{г}}$ – готовое подвигание отвального фронта работ, м;

$L_{\text{п}}$ – протяженность переукладываемых путей, м;

B – ширина заходки экскаватора, м;

n – число рабочих дней в году.

Число кранов, необходимое для путепереукладочных работ:

$$N_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{пут.}}}{A_{\text{к}} n_{\text{с}}}, \quad (110)$$

где $n_{\text{с}}$ – число рабочих смен в сутки.

Переукладка путей на новую трассу с использованием железнодорожного крана и платформы для перевозки звеньев применяется при разборке путей на отработанных горизонтах, строительстве новых путей, удлинении отвальных и забойных тупиков. Погрузка звеньев на платформу и укладка их с платформы на новую трассу производится железнодорожным краном. Звенья на платформу укладываются штабелями по 6–9 звеньев.

Для переукладки путей широко применяются стреловые краны различных конструкций на железнодорожном ходу (реже на гусеничном) (табл. 27). На отвалах этот способ переукладки малопроизводительный и требует больших затрат. Последние существенно зависят от вылета стрелы крана и его соответствия

ширине отвальной заходки. Важным показателем является требуемое усилие на отрыв звена, которое определяет потребную грузоподъемную силу крана. Усилие на отрыв звена должно быть несколько больше его веса и сопротивления отрыву от основания. Вес звена при рельсах длиной 12,5 м составляет обычно 3–3,5 тс. Зимой вследствие примерзания к шпалам породы вес звена увеличивается и может достигать 5 тс.

Таблица 27

Показатели	Кран дизель-электрический грузоподъемностью 25 т		Кран СК-25 дизель-электрический грузоподъемностью 25 т	КранК-251 дизель-электрический грузоподъемностью 25 т	КранК-501 дизель-электрический грузоподъемностью 50 т	Кран ПЖ-25 дизель-электрический грузоподъемностью 25 т
	с нормальной стрелой	с удлиненной стрелой				
Вылет крюка, м	5–12	10–22	5,5–18	6–20	4,5–13	4,5–14
Грузоподъемность при максимальном вылете крюка, т	6	3,25	1	1	5	3
Максимальная высота подъема, м	3,5	9	13	17	5,5	7,5
Радиус вращения хвостовой части кузова	5,7	5,7	4,0	4,2	4,7	3,6
Скорость передвижения, км/ч	3,6	3,6	6	25	19,4	6
Масса крана, т	100	105	73,2	73	109,1	72,5

При переукладке в тяжелых условиях применяется отрыв звена подцепом за один рельс. После взрыва звена из балластного слоя оно приклепляется к крану четырьмя захватами за оба рельса и перемещается на новую трассу. Иногда на карьерах для отрыва звена применяют путепередвигатели циклического действия. Однако их применение для отрыва путей от основания имеет ряд неудобств и связано с удорожанием переукладочных работ.

Наибольшее применение на карьерах получил стреловый кран, смонтированный на железнодорожной платформе. Последняя опирается на две трехосные тележки с одной ведущей осью. Верхняя платформа крана поворачивается на 360° и может передвигаться на специальных катках по платформе в продольном направлении на 8–9 м, что повышает производительность и маневренность крана. Кран оснащен силовой дизель-электрической установкой мощностью 100 л.с., питающей индивидуальные электроприводы исполнительных механизмов. Замена нормальной стрелы крана удлиненной стрелой позволяет увеличить радиус его действия до 22 м при грузоподъемности 3,25 т.

При небольшом шаге переукладки путей (до 15 м) применяются краны на гусеничном ходу.

Скорость переукладки путей краном зависит от принятой организации работ, времени работы крана и числа рабочих в бригаде по переукладке путей. Обычно при переукладке путей отступающим ходом бригад состоит из крановщика и 10–12 рабочих. Три рабочих разъединяют стыковые соединения, закрепляют захваты к рельсам для переноски путей. Четверо рабочих на новой трассе принимают рельсовые звенья, стыкуют их, регулируют зазоры, соединяют рельсы и др. Два рабочих заняты подготовительной работой на старой трассе впереди крана. Остальные рабочие заняты на новой трассе креплением, заменой шпал, выравниванием и др.

Таблица 28

Способ переукладки путей	Затраты труда на переукладку 1 км путей, чел.-смены	Затраты на переукладку путей, тыс. тг.
Железнодорожным краном (наступающим ходом, шаг переукладки до 15 м)	135,6 (189,1)	1,56 (1,87)
Железнодорожным краном (отступающим ходом, шаг переукладки до 15 м)	116,6 (170,7)	1,43 (1,73)
Разборка, перевозка на железнодорожной платформе и укладка краном	148,1 (204,1)	1,82 (2,21)

Примечание: В таблице приведены данные для летнего и зимнего(в скобках) периодов.

При длине фронта 1500–2000 м переукладка путей отступающим ходом обычно занимает 2–3 дня. Во время переукладки путей осуществляется перегон и профилактика отвального оборудования. Выбор способа и схемы переукладки путей определяется технико-экономическими соображениями, наличием механизмов и организацией работ. Трудовые и материальные затраты на переукладочные работы зависят от времени года (табл. 28).

На некоторых карьерах при отсутствии кранов с необходимыми параметрами переукладку путей осуществляют экскаватором. Организация работ при этом следующая. Экскаватор после отработки отвальной заходки устанавливают на промежуточную трассу и отступающим ходом переукладывают пути. Этот способ переукладки железнодорожных путей имеет много недостатков и допустим только в исключительных случаях.

При переукладке путей краном на отвалах, где шаг переукладки более 24 м, приходится делать двойную переукладку

звеньев, задалживая при этом локомотив с обслуживающим персоналом и четырех путевых рабочих. Поэтому для переукладки путей широко применяются тракторы различных типов. На отвалах широко применяется переукладка путей трелевочным трактором ТДТ-60. На переукладке путей занята бригада из двух человек, включая тракториста. Переукладка путей трелевочным трактором ТДТ-60 осуществляется следующим образом. Предварительно по отвальному тупику проходит путепередвигатель ПУ-26 цикличного действия, производя отрыв звеньев от основания. Затем звенья разъединяются и с помощью строп лебедкой затягиваются на площадку трактора, а затем перевозятся на новую трассу. На новой трассе они соединяются, осуществляется их рихтовка и подъем железнодорожным путепередвигателем.

Применение тракторного путепереукладчика-планировщика ТПП-12,5–100 конструкции НИИОГРа позволяет переукладывать звенья на 30–40 м и более.

Техническая характеристика путепереукладчика-планировщика ТПП-12,5-100

База.....	БульдозерД-493А
Грузоподъемность, кг.....	6000
Высота подъема звена, мм.....	1200
Масса, кг.....	16 600
Техническая производительность (при шаге переукладки до 30 м), м/ч.....	120
Число обслуживающих рабочих.....	1

Особенностью конструкции путепереукладчика-планировщика ТПП-12,5–100 является управляемая рама, обеспечивающая дистанционное управление захватом рельсового звена и регулировку звена при стыковке на новой трассе без дополнительных операций трактором.

4.3. Способы передвижки железнодорожных путей

Непрерывная передвижка путей без разборки на звенья может осуществляться турнодозером, который оборудован управляемыми роликовыми рельсозахватами, устроенными сбоку трактора на кране и соединенными с трактором шарнирной

рамой. Турнодозеры могут изготавливаться как на гусеничном ходу так и на пневмоколесном.

Решение вопроса о перемещении путей тягой или толканием зависит в первую очередь от положения опор контактной сети. Современная тенденция заключается в стремлении к передвижке путей тягой, которая успешно реализуется на отвальных путях абзетцеров и экскаваторов цикличного действия. При перемещении толканием рельсозахватная головка накладывается на дальний рельс. Практика показывает, что наиболее рациональный шаг передвижки путей турнодозером составляет 1,5–2, 1,2–1,6, 1–1,2, 0,8–1 и до 0,5 м соответственно на сухой ровной площадке, мокрой ровной площадке, сухой неровной площадке, мокрой неровной площадке, зимой. Рабочая скорость движения турнодозера достигает 15 км/ч.

Мощный турнодозер П-1 на базе трактора Т-140 имеет максимальное подъемное усилие 10 т.с.

В отдельных случаях переукладка путей звеньями или передвижка их без разборки на звенья осуществляется тракторными тягачами. Звенья перемещаются волоком на новую трассу. При перемещении путей без разборки оснащенный краном трактор через каждые 10–15 м последовательно передвигает пути. Затраты на переукладку 1 км при шаге переукладки 1–50 м составляет 7,36 тенге. Существенным недостатком передвижки путей является преждевременный выход из строя шпальной решетки (особенно при использовании костыльного скрепления).

Передвижка путей на отвалах путепередвижателем цикличного действия применяется в основном при плужном отвалообразовании.

Суточный объем путепередвижных работ:

$$Q_{\text{пут}} = \frac{L_o Z_o}{n}, \text{ м}, \quad (111)$$

где L_o – общая длина отвальных тупиков, м;

n – число рабочих дней в году;

Z_o – число передвижек путей на отвале за год.

$$Z_o = \frac{M}{L_o b h}, \text{ м} \quad (112)$$

M – объем породы, поступающей на отвал за год, м^3 ;

B – ширина отвальной заходки, м ;

h – высота отвального уступа, м .

Сменная производительность путепередвигателя цикличного действия определяется по формуле

$$S = \frac{60T_{\text{см}} z i \eta}{t}, \text{м}^2, \quad (113)$$

где z – шаг передвижки, м ;

$t = 10 \div 15$ – расстояние между точками установки путепередвигателя, м ;

$\eta = 0,6 \div 0,75$ – коэффициент использования путепередвигателя во времени;

$t = 3 \div 5$ – продолжительность цикла передвижки, мин .

Время передвижки путей на участке длиной L_1 на расстояние l_1 определяется по формуле:

$$T = \frac{L_1 b t}{L_1 z}, \text{мин}. \quad (114)$$

Необходимое число путепередвигателей цикличного действия:

$$N = \frac{z Q_{\text{п}}}{S_m}, \quad (115)$$

где m – число рабочих смен путепередвигателя в сутки.

Путепередвигатели цикличного действия применяются все реже и лишь на небольших карьерах.

Путепередвигатели непрерывного действия обычно применяются для передвижки многониточных путей многоковшовых экскаваторов, транспортно-отвальных мостов и отвалообразователей. Различают мостовые, консольные и комбинированные путепередвигатели. По способу передвижения путепередвигатели разделяются на прицепные и самоходные. Прицепные путепередвигатели присоединяются к многоковшовому экскаватору, транспортно-отвальному мосту или локомотиву. Самоходные путепередвигатели оборудуются электрическими двигателями. Мостовой путепередвигатель непрерывного действия (рис. 43) состоит из фермы, опирающейся на двухосные железнодорожные тележки.

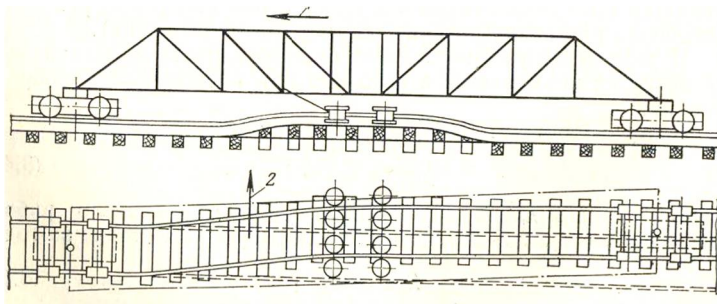


Рис. 43. Схема мостового путепередвижателя непрерывного действия:
1 – направление движения путепередвижателя; *2* – направление
 смещения путей

Таблица 29

Показатели	Путепередвижитель	
	мостовой	консольный
Масса, т	25–50	12–65
Рабочая скорость движения, км/ч	7,5–15	0,4–0,5
Шаг передвигки пути за один проход, м	0,25–0,30	0,15–0,30
Часовая производительность, м ²	800–100	800–1000

Между тележками в средней части фермы помещена колонка с роликовыми захватами, с помощью которых путь в пролетах между тележками поднимается и отводится в сторону для передвигки. Во время работы путепередвижателя одна его тележка перемещается по неподвижному пути, а вторая – по передвинутому. Мостовой путепередвижитель хорошо вписывается в кривые. Недостатком мостового путепередвижателя является невозможность передвижения путей в тупиках. Этого недостатка лишены консольные путепередвижатели, но они значительно труднее вписываются в кривые.

Подъем пути консольным путепередвижателем осуществляется за счет поворота фермы в вертикальной плоскости. Во время работы задняя часть фермы поднимается, а стрела опускается. После зажатия роликами головки рельсов

опускают заднюю часть фермы и тем самым поднимают путь. Затем за счет поворота стрелы отводят путь в сторону. В дальнейшем консольный путепередвигатель работает аналогично путепередвигателю мостового типа.

Техническая характеристика путепередвигателей непрерывного действия приведена в табл. 29.

Широкое применение на карьерах получают турнодозеры на пневмоколесном ходу. Перспективным является также применение путевых комбайнов для комплексной механизации всех путевых работ.

4.4. Земляное полотно

Конструкция верхнего строения путей. Механизмы и машины для путевых работ

Для устройства земляного полотна и водоотводных сооружений широко используются бульдозеры, автогрейдеры, скреперы, универсальные одноковшовые экскаваторы на колесном ходу и др. Обычно земляное полотно подготавливается основным технологическим оборудованием в процессе ведения горных работ, а затем бульдозеры производят его планировку. На планировке трасс часовая производительность бульдозеров составляет 0,6–0,8 км. На многих карьерах для этой цели применяют автогрейдеры и прицепные скреперы, сменная производительность которых достигает 25–30 км. При плужном отвалообразовании планировочные работы и сооружение кюветов выполняются с помощью отвальных плугов.

4.5. Верхнее строение путей

Интенсивность движения на крупных карьерах, грузооборот и нагрузка на ось подвижного состава очень велики и вызывают износ элементов верхнего строения путей, что приводит к увеличению трудовых и материальных затрат. На некоторых карьерах верхнее строение путей не удовлетворяет современным требованиям и нуждается в усилении за счет применения рельсов тяжелого типа, более совершенных скреплений, шпал, стрелочных переводов и качественного балластного слоя.

Рельсы на карьерах и отвалах применяются такие же, как на магистральных железных дорогах страны (табл. 30).

Таблица 30

Рельсы	Размеры рельса, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м рельса, кг
	высота	ширина подошвы	ширина головки	высота головки	Толщи на шейки		
P75	192	160	75	–	20	–	75,1
P65	180	150	70	54	18	89,92	64,93
P50	152	132	70	42	15,5	65,80	51,51
P43	140	114	70	42	14,5	57	43,65
P38	135	114	68	40	13	49,063	38,42

Стандартные рельсы имеют длину 12,5 и 25 м. Выпускаются также рельсы длиной 11 и 12 м, укладываемые на криволинейных участках и станционных путях карьеров. Иногда для придания большей надежности верхнему строению на прямых стационарных участках применяются рельсы длиной более 25 м, получаемые путем сваривания рельсов стандартной длины. Это значительно уменьшает число сходов составов, удешевляет ремонт и снижает затраты на содержание путей. Выбор типа рельсов производится в зависимости от конкретного назначения путей, их грузонапряженности, нагрузки на ось, типа подвижного состава.

В зависимости от грузонапряженности постоянных путей наиболее рационально применять рельсы следующих типов:

Для передвижных путей тип рельсов рекомендуется выбирать по условию прочности (табл. 31), так как грузонапряженность здесь имеет меньшие значения.

На отвальных путях грузонапряженность и скорость движения не являются основными факторами для выбора типа рельсов. Механический износ и частый выход из строя единичных рельсов часто вызываются многочисленными передвижками путей. Поэтому на отвалах обычно применяют типы рельсов:

Нагрузка на ось, тс.....	21	До 25	Более 25
Тип рельсов....	P43	P50	P65 и P75

Таблица 31

Нагрузка на ось, тс		Нагрузка на ось вагона, тс	Максимальная скорость движения, км/ч	Тип рельсов	
Электро воза	паровоза			устойчивое основание	неустойчивое основание
30	21	30	25	P50	P50
			15	P50	P50
25	21	30	25	P50	P50
			15	P43	P50
20	18,6	30	25	P43	P50
			15	P43	P50
20	18,6	26,3	25	P43	P50
			15		
20	18,6	20,5	25	P38	P43

Условия работы забойных и отвальных путей по сравнению со стационарными значительно тяжелее, что объясняется частым перемещением путей, небольшими радиусами кривых, резкими подъемами и др. Поэтому для забойных и отвальных путей необходимо обеспечить надежное крепление рельсов к шпалам, подвижность рельсов относительно шпал в продольном направлении и устойчивость рельсов от опрокидывания и сдвигов в сторону при изгибах в поперечном направлении.

На отечественных карьерах применяются шурупное, болтовое и костыльное скрепления рельсов.

Болтовое скрепление рельсов с деревянными шпалами широко применяется на угольных и рудных карьерах. Его можно применять также при железобетонных шпалах. Замена ранее доминировавшего костыльного скрепления болтовым и шурупным скреплениями позволяет в 2–2,5 раза увеличить срок службы путей, снизить материальные и трудовые затраты и повысить скорость движения поездов.

Надежным и удобным является также клиновое скрепление, которое обеспечивает подвижность рельсов при передвижке путей и быстрое отделение рельсов от шпал при их замене и не вызывает деформаций в деталях.

На отечественных карьерах в основном применяются деревянные шпалы. Металлические и железобетонные шпалы применяются редко. Срок службы деревянных шпал зависит от способа их обработки и условий эксплуатации. На стационарных путях разрешается применять только пропитанные шпалы. На передвижных путях допустимо применение непитанных шпал.

На постоянных путях срок службы шпал, пропитанных хлористым цинком и креозотом, составляет 5–7 и 8–10 лет соответственно. Срок службы шпал на передвижных, путях зависит от условий эксплуатации и характера земляного полотна и находится в пределах 1–3 лет. При благоприятном основании (например, песок, торф, уголь) срок службы шпал достигает 5 лет.

Число шпал на 1 км балластированных путей при нагрузке на ось до 21 и 22–25 тс равно 1600 и 1840 соответственно. На небалластированных отвальных путях число шпал на 1 км в зависимости от основания принимается 1840 и 1920 при нагрузке на ось до 21 тс, а также 1920 и 2000 при нагрузке на ось 21–25 тс. Как показала практика, укладывать более 2000 шпал на 1 км путей нецелесообразно, так как затрудняется их подбивка балластом.

При передвижках отвальных путей со слабым основанием не чаще одного раза в 1–1,5 мес рекомендуется регулярная подсыпка балласта в объеме 300–600 м³ на 1 км.

Разгрузочные отвальные пути устраиваются на горизонтальных или наклонных площадках (с уклоном не более 50/00). При укладке путей на кривых радиус закруглений должен быть не менее 200 м.

Основанием отвальных путей являются разрыхленные породы, поэтому отвальные пути должны быть тщательно спланированы. В зависимости от свойств складироваемых пород допустимое давление на основание находится в пределах 1–3 кгс/см².

На крупных карьерах постоянные и временные пути балластируются. Толщину балластного слоя рекомендуется принимать по табл. 32.

Таблица 32

Основание путей	Толщина балластного слоя (м) при нагрузке на ось локомотива, т			
	30	20	20–16	Не более 16
Мягкие породы	0,4–0,5	0,3	0,25	0,15–0,25
Полускальные и разрушенные породы	0,02–0,3	0,2	0,15	0,1

Как показывает практика, балластированные пути, хотя и требуют дополнительных затрат, а также время на балластировку, оправдывают себя. Целесообразно балластировать отвальные и забойные пути, даже если срок службы их между переукладками составляет 1–2 мес.

В качестве балласта используют щебень, шлак, хвосты агломерационных и обогатительных фабрик и др. В зависимости от назначения путей, интенсивности движения, устойчивости основания расход балласта на 1 км колеблется в пределах 600–2000 м³.

Расчеты показывают, что срок окупаемости затрат, связанных с балластировкой передвижных путей, колеблется в пределах 0,1–0,9 года (в зависимости от вида балластировочного материала).

4.6. Механизмы и машины для путевых работ

Процесс балластировки путей включает следующие последовательные операции: выгрузку балласта на путь, подведение балласта под шпалы и разравнивание его, подштопку и подбивку шпал, рихтовку и выправку пути. Эти трудоемкие операции требуют применения средств механизации.

Для перевозки, механизированной разгрузки и дозировки балласта применяются вагоны-дозаторы.

Вагон-дозатор (хopper-дозатор) оборудован разгрузочно-дозировочным устройством, обеспечивающим разгрузку балласта на путь. Балластировка путей осуществляется

консольным электробалластером и балластировочными машинами Б-3 и Б-5 (табл. 33).

Отличительной особенностью консольного электробалластера является то, что у него роликовые захваты для подъема пути заменены электромагнитом.

Таблица 33

Показатели	Балластировочные машины		
	Б-3	Б-5	консольный электробалластер
Производительность машины на подъеме путей, км/ч	5	10	15
Максимальная высота подъема пути, м	0,25	0,35	0,35
Масса поднимаемого пути, т	–	10	30
Транспортная скорость движения машины, км/ч	20	20	20
Основные размеры, м:			
длина	21	47,19	25,1
ширина	2,56	5,2	3,25
высота	4,59	5,12	4,49

Для уплотнения балласта под шпалами применяются шпало-подбиточные машины. Наибольшее применение получила шпалоподбоекная машина ШПМ-02 на рельсовом ходу. Машина приводится в действие двигателем внутреннего сгорания мощностью 150 л.с. Рабочим органом машины являются два вибрирующих симметричных блока (по 8 шпалоподбоек в каждом), подбивающих одновременно балласт под одной шпалой. Шпалоподбойки, вибрируя, погружаются в балласт и, сближаясь при помощи червячного механизма от середины шпальных ящиков к шпале, плотно подбивают под нее балласт.

Блоки могут работать совместно или раздельно. Часовая производительность машины при одном обжати шпалы составляет 200–250 м. Машина ШПМ-02 может заменить бригаду рабочих по подбойке из 12–16 человек.

Для подъема и рихтовки пути НИИОГРом создана подъемно-рихтовочная машина СПРМ-2.

Техническая характеристика подъемно-рихтовочной машины СПРМ-2

База.....	Дрезина ТД-5
Привод рабочих органов.....	Гидравлический
Усилие подъема пути, кгс.....	12 000
Усилие рихтовки, кгс.....	8 000
Высота подъема пути, мм.....	До 350
Шаг рихтовки, мм.....	До 120
Масса, кг.....	900
Сменная техническая производительность, м:	
на подъеме пути.....	600
на рихтовке пути.....	700
Число обслуживающих рабочих.....	1

Промышленные испытания подтвердили высокие эксплуатационные качества машины СПРМ-2.

Для механизации раскайловочных работ применяются машины различных конструкций. Наиболее удачную конструкцию имеет машина Гипроуглеавтоматизации. Раскайловочная машина представляет собой самоходный агрегат на рельсовом ходу, снабженный режущим и отбойным органами. Последний выполнен в виде специальной траверсы. В качестве режущего органа использована кольцевая баровая цепь комбайна «Донбасс». Порода удаляется на поверхность с помощью скребков, расположенных на кулачковой цепи.

Техническая характеристика раскайловочной машины конструкции Гипроуглеавтоматизации

Скорость движения:	
транспортная, км/ч.....	5
рабочая, м/ч.....	40
Двигатель.....	Дизель КДМ-46
Мощность двигателя л.с.....	93
Основные размеры, мм:	
длина	4 700

ширина.....	3180
высота.....	3930
Масса, кг.....	10000
Сменная производительность, м.....	250

Процесс раскайловки шпал очень трудоемкий (особенно в мерзлых породах).

Для подбивочно-выправочных работ Карагандагипроуглемашем создана машина на базе трактора Т-100МГП.

Техническая характеристика подбивочно-выправочной машины

Усилие подъема пути, кгс.....	17 000
Усилие рихтовки пути, кгс.....	5 000
Высота подъема пути, мм.....	300
Шаг рихтовки пути, мм.....	200
Сменная техническая производительность, м/ч.....	до 100

Для освобождения путевой решетки от намерзших пород Карагандагипроуглемашем создана машина ШМ-2 на базе трактора Т 100МГП. Техническая производительность машины до 100 м/ч.

НИИОГРом создана путевая машина МСШУ-2 для механизации ремонтных и балластировочных работ. Машина МСШУ-2 выполняет комплекс работ по ремонту железнодорожных путей на карьере и имеет на 25–30 % лучшие показатели, чем машина типа МСШ.

Применяемые на железных дорогах страны различные агрегаты и оборудование для путевых ремонтно-сборочных баз могут быть рекомендованы для крупных карьеров или групп карьеров.

Для сборки рельсовых звеньев Главстроймеханизацией созданы звеносборочные агрегаты производительностью 300–500 готовых звеньев в смену.

Для разборки рельсовых звеньев на железных дорогах страны создан шпалорасшивочный агрегат ОПМС-1. Агрегат включает шпалорасшивочную машину и звеноразборочный стенд.

Техническая характеристика шпалорасшивочного агрегата

Тип рельсов	Р38 и Р65
Шпалы	Деревянные
Эпюра шпал	Любая
Привод рабочих органов	Гидравлический
Установленная мощность электродвигателей, кВт	11,1
Длина звеноразборочного стенда, м	160
Сменная производительность, м	500
Число обслуживающих рабочих	1

На железных дорогах для ремонта и профилактической обработки шпал широко применяются шпалоремонтные мастерские и шпалоремонтные агрегаты. На карьерах с небольшим объемом работ целесообразно применять агрегаты.

Для комплексного ремонта шпал применяется полуавтоматический шпалоремонтный агрегат конструкции инженера Бондарева. Агрегат может эксплуатироваться в стационарных условиях и на железнодорожной платформе.

Техническая характеристика полуавтоматического шпалоремонтного агрегата

Шпалы	Любые
Длина поточной линии, м.	21, 4
Установленная мощность электродвигателей, кВт	66,2
Масса, т	19
Сменная производительность, шпалы	250
Число обслуживающих рабочих	9

На путевых ремонтно-сборочных базах карьеров для пропитки шпал целесообразно применять шпалопропиточные установки производительностью 5–20 тыс. м³ древесины в год.

Для механизации погрузочно-разгрузочных работ целесообразно применять козловые краны грузоподъемностью 5–10 т с пролетом 10–32 м, железнодорожные краны, тельферные установки, грузовые дрезины типа ДГКУ и АГМУ, автопогрузчики и другое оборудование.

НИИОГРом рекомендован перечень машин и механизмов для комплексной механизации путевых работ на карьерах (табл. 34).

Таблица 34

Машины и инструменты	Число единиц на путевое подразделение		Машины и инструменты Рабочее отделение	Число единиц на путевое подразделение	
	Рабочее отделение	У крупненная механизированная бригада		Рабочее отделение	У крупненная механизированная бригада
Путевая машина МСШУ-2 для ремонтных работ	-	1	Рельсосверлильный станок 1024Б	1	1
Самоходная подъемно-рихтовочная машина СПРМ-2	1	-	Рельсоренный станок РМ-2	1	1
Электрический костылевыдергиватель КВД-1	1	2	Рельсошлфовальный станок МРШ-3	1	1
Электропневматический костылезабивщик ЭПК-3	1	2	Гидравлические рихтовщики УРГ-01	-	4
Электрогаечный ключ ЭК-1	1	2	Гидравлические стыкоразгонщики системы Шасва	-	2
Электрическая шпалоподбойка ЭШП-6	4	8	Универсальные шаблоны ЦУП-2	2	3

4.7. Определение производительности машин на вспомогательных работах

При существующей технике и организации вспомогательных работ на карьерах численность путевых рабочих высокая. Это объясняется отсутствием необходимого числа высокоэффективных многооперационных путевых машин и средств малой механизации, а также технологическими особенностями ведения открытых горных работ.

Верхнее строение путей засоряется породой при погрузочно-разгрузочных, взрывных и других работах. В случае недостаточной несущей способности земляного полотна путевая решетка сильно проседает. Это приводит к тому, что при переукладке путевой решетки вторично использовать балласт практически невозможно, а при костыльном скреплении, имеющем малое сопротивление выдергиванию, увеличиваются расход материалов и трудоемкость ремонта.

На угольных карьерах затраты на текущее содержание и переукладку путей составляют 10–20 % себестоимости 1 т угля. Основной причиной такого положения является несовершенная конструкция верхнего строения пути, низкий уровень механизации и организации путевых работ.

Часовая техническая производительность путепереукладочной машины при разборке пути на звенья определяется по формуле

$$P_{\text{раз}} = \frac{3600l_3}{t_{\text{ц1}}}, \text{ м/ч}, \quad (116)$$

где l_3 – длина рельсового звена, м; $t_{\text{ц1}}$ – время рабочего цикла машины, с.

$$t_{\text{ц1}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \text{ с}, \quad (117)$$

$t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$ – соответственно время захвата, отрыва, переноса, укладки рельсового звена и переезда путепереукладочной машины к новому месту работы, с.

Техническая производительность путепередвигателей циклического действия:

$$P_{п.ц} = \frac{3600 bl}{t_{ц2}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (118)$$

где b – шаг передвижки пути, м;
 l – расстояние между точками установки
 путепередвигателя, м;
 $t_{ц2}$ – время рабочего цикла путепередвигателя с учетом
 переездов, с.

Часовая техническая производительность
 шпалоподбивочной машины:

$$P_{ш.м} = \frac{3600}{t_{ц3}}, \text{ шпалы}, \quad (119)$$

где $t_{ц3}$ – время подбивки шпалы, с;

$$t_{ц3} = t'_1 + t'_2 + t'_3 + t'_4 + t'_5, \text{ с}, \quad (120)$$

t'_1 – время передвижки машины от шпалы к шпале, с;
 t'_2, t'_3, t'_4, t'_5 – соответственно время отпускания шпалоподбоек,
 подбивки шпалы, подъема шпалоподбоек и прочее время, с.

Время оборота состава хоппер-дозаторов:

$$T_o = t_{п} + t_o + \frac{2l_{т}}{60v_{тр}} + t_p + t_m, \text{ мин}, \quad (121)$$

где $t_{п}$ – время погрузки состава, мин;
 t_o – время обмена состава на пункте погрузки, мин;
 $l_{т}$ – расстояние транспортирования, км;
 $v_{тр}$ – скорость движения состава, км/ч;
 t_p – время разгрузки состава, мин;
 t_m – время маневров, ожидания и остановок, мин.

Время разгрузки хоппер-дозатора:

$$t_p = \frac{Q}{qv_x}, \text{ мин}, \quad (122)$$

где Q – объем балласта, погруженного в хоппер-дозатор, м^3 ;
 q – объем балласта, разгружаемого на 1 м пути, м^3 ;
 v_x – скорость движения состава при загрузке, м/мин ;

Необходимое число хоппер-дозаторов определяется по формуле:

$$N_{\text{х.д}} = \frac{T_{\text{сут}} Q_{\text{сут}} k_{\text{рез}}}{T_0 V_{\text{х.д}} n}, \quad (123)$$

где $T_{\text{сут}}$ – число часов работы в сутки;
 $Q_{\text{сут}}$ – суточная потребность предприятия в балласте, м^3 ;
 $k_{\text{рез}} = 1,1 \div 1,15$ – коэффициент резерва;
 $V_{\text{х.д}}$ – ёмкость хоппер-дозатора, м^3 ;
 n – число вагонов в составе.

4.8. Борьба с прилипанием и примерзанием пород к горному и транспортному оборудованию

На карьерах, где рыхлые глинистые породы обладают высокой естественной влажностью весной и осенью происходит налипание их к горному и транспортному оборудованию. Зимой отрицательная температура вызывает интенсивное примерзание их. Анализ климатических условий показывает, что для карьеров Урала и Сибири период отрицательных температур весьма продолжителен и составляет 2/3 года. При этом температура воздуха зимой в среднем составляет минус 27 °С, снижаясь в отдельные дни до минус 50 °С. Для карьеров, расположенных в южной части Средней Азии, температура воздуха зимой в среднем минус 2 °С. В этих условиях преобладают налипание, интенсивность которого достигает максимума в осенний и весенний периоды [5].

Таким образом, к числу основных факторов, определяющих интенсивность прилипания и примерзания, следует отнести тип породы, ее влажность, температуру воздуха и продолжительность нахождения породы в транспортном сосуде. В производственных условиях следует учитывать также ряд второстепенных

факторов (степень уплотнения породы в кузове думпкара, качество металлической поверхности и др.). Для большинства отечественных карьеров температура воздуха зимой изменяется от минус 2 до минус 50 °С, а естественная влажность пород колеблется в пределах 12–40 %. Продолжительность нахождения вскрышных пород в транспортных сосудах (от погрузки в забое до разгрузки на отвале) составляет 0,5–4 ч. Примерзание породы к стенкам транспортных сосудов ведет к уменьшению их геометрической ёмкости на 20–30 % и более. Примерзание породы обусловлено также тем, что порода зимой при погрузке имеет положительную температуру и содержит влагу. Примерзание породы к кузовам автосамосвалов, как правило, меньше, чем к кузовам думпкаров. Это объясняется меньшей продолжительностью транспортного цикла автосамосвалов, т. е. меньшим временем соприкосновения породы с кузовом автосамосвалов. Кроме того, при движении по карьерным дорогам автосамосвалы подвергаются толчкам, которые препятствуют примерзанию породы.

Для борьбы с примерзанием и прилипанием проводят ручную и механическую очистку рабочих поверхностей транспортных сосудов, а также профилактические мероприятия, предотвращающие примерзание и прилипание породы.

4.9. Механическая очистка рабочих поверхностей транспортных сосудов

Для борьбы с прилипанием и примерзанием применяются навесные приспособления к машинам и специальные механизмы и устройства.

На экскаваторных отвалах для очистки думпкаров широко применяется навесной скребок конструкции А. М. Шаркова. Скребок представляет собой жесткую сварную конструкцию, состоящую из консоли длиной 3–5 м, оканчивающейся ножом шириной 2–2,5 м со специальным приспособлением для надевания на зубья ковша. Он легко надевается на ковш экскаватора и позволяет быстро очищать оставшуюся в думпкаре породу. Скребок с поворотной головкой не требует передвижения вагона при очистке.

Суровые климатические условия на многих карьерах и наличие влажных пород вызывают необходимость применения механических скребков круглосуточно. Этим ускоряется процесс разгрузки, механизмируются трудоемкие работы. Наиболее существенный недостаток применения скребков заключается в поломке днищ и бортов думпкаров во время очистки. По данным НИИОГРа, частые повреждения кузовов скребком значительно повышают трудоемкость ремонта думпкаров и удорожают его на 12–15 %. Очистка думпкаров скребками вызывает также простои экскаваторов и локомотивосоставов (простои локомотивосоставов под очисткой составляют 40–50 % времени разгрузки) и не обеспечивает полную их очистку (в думпкарах остается 3–12 % прилипшей или примерзшей породы).

В целом производительность локомотивосоставов при применении экскаваторных скребков снижается на 10–25 %.

Скребки, смонтированные на мобильном оборудовании

Для очистки думпкаров от прилипания и примерзания используют также скребки, смонтированные на тракторах (бульдозерах). Обычно они крепятся на специальной раме.

Сотрудниками МГИ (Н. Н. Чулков, И. И. Русский, В. А. Карельский, Л. А. Зибенгар) разработано навесное устройство НУОД-1 для очистки думпкаров при отвалообразовании мобильным оборудованием.

Устройство состоит из поворотной рамы (шарнирно соединенной с основной гусеничной рамой трактора), раздвижной рамы (изменяющей вылет консоли устройства), кронштейна, рабочего органа (фрезы) и его привода, цилиндрического редуктора, гидромотора. Балансировка осуществляется противовесом, расположенным с противоположной стороны трактора. Гусеничные рамы трактора соединены между собой стяжками. Управление устройством осуществляется из кабины трактора. Изменение углов наклона устройства и его рабочего органа, приведение устройства в рабочее и транспортное положение осуществляется гидроцилиндрами двустороннего действия. Длина вылета регулируется гидростойками М-103 двойной раздвижности.

Во время очистки думпкарв бульдозер движется вдоль состава со скоростью 2–3 км/ч (возможно также движение состава). Рабочий орган устройства при этом перемещается по поверхности раскрытого думпкара в поперечном направлении. Согласно расчетам, один бульдозер способен очистить около 30 составов в смену. Затраты на очистку думпкара около 0,25 тг. Устройство обеспечивает качественную очистку думпкарв без риска повреждения последних.

Применение скребков, смонтированных на мобильном оборудовании, эффективно при слабом примерзании породы. Недостатки этого способа очистки – потребность в специальном железнодорожном тупике с бермой шириной 10–15 м для маневрирования бульдозера и необходимость периодического удаления очищенной породы.

Техническая характеристика устройства НУОД-1

Рабочий орган.....	Фреза
Диаметр сменных фрез, мм.....	1000, 1500, 2000
Частота вращения фрезы, об/мин.....	115
Окружная скорость вращения фрез, м/с.....	6, 9, 12
Привод фрезы.....	Гидравлический (возможен электрический)
Управление.....	Гидравлическое (возможно электрогидравлическое)
Гидравлические насосы шестеренчатые.....	НШ-98 и НШ-67
Производительность насосов, л/мин:	
НШ-98.....	132
НШ-67.....	90
Гидромотор.....	Аксиально-плунжерный
Частота вращения гидромотора, об/мин.....	1440
Гидроцилиндр подъема рамы.....	Двустороннего действия
Гидроцилиндр поворота рабочего органа.....	Двустороннего действия
Распределитель.....	Тракторный
Ёмкость масляного бака, л.....	550

Очистка кузовов автосамосвалов

Устройство для очистки кузова автосамосвалов представляет собой прикрепленную к бульдозеру металлическую стрелу длиной 4,6 м, оканчивающуюся скребковым лезвием

шириной 600 мм. Время очистки кузова 4–5 мин. На некоторых карьерах Урала для очистки кузова автосамосвалов в местах разгрузки или перегрузки используют обратные мехлопаты на пневмоколесном ходу. Время на очистку кузова 4–6 мин.

Иногда на автосамосвалы укладывают металлические листы, или делают приспособления для выталкивания примерзших пород.

На Семеновско-Головковском карьере для очистки кузовов применялась шнековая установка, состоящая из двух секций с противоположной навивкой витков. На торцах шнека установлены две фрезы, предназначенные для очистки бортов кузова. Шнек смонтирован на жесткой сварной раме, закрепленной на бульдозере. При вращении шнека оставшаяся в кузове порода разрыхляется и высыпается из него.

Недостаток установок на базе тракторов (бульдозеров) – низкий уровень использования их по прямому назначению. Кроме того, механическая очистка вызывает увеличение затрат на транспортирование. Так, на Черниговском угольном карьере затраты на содержание и обслуживание установки составляют около 10 тыс. тг в год. Кузов автосамосвалов очищают через каждые 5–6 рейсов, что приводит к потере 8–19 % сменного времени.

Для очистки думпкаров применяют вибраторы, укрепляемые к днищу или бортам думпкаров. Принцип очистки заключается в том, что вибратор сообщает колебания кузову думпкара, вызывающие нарушение связи между породой и кузовом, а также внутренние связи между частицами породы. В результате примерзшая и прилипшая порода приобретает свойство текучести и под влиянием вибрации высыпается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебное пособие, посвященное рекультивации земель, нарушенных открытыми горными работами, предусматривает восстановление нарушенных территорий для дальнейшего использования в сельском, лесном и народном хозяйстве. Производство работ по восстановлению земель определенным образом влияет на технологию открытой добычи полезного ископаемого. Поэтому горные работы и рекультивацию земель следует планировать во взаимосвязи друг с другом. Основным условием является обеспечение максимальной экономической эффективности работы горного предприятия.

Изложенный материал является полезным для студентов и специалистов в области рекультивации нарушенных земель, который раскрывает основные положения по защите, охране и восстановлению почвы для дальнейшего использования в народном хозяйстве Республики Казахстан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дороненко Е. П.* Проблемы восстановления территорий, нарушенных горными работами. – В сб.: Проблемы горнодобывающей промышленности Урала. – Свердловск: ИГД МЧМ СССР, 1970.
2. *Дороненко Е. П., Элкин А. Я., Жерносенко К. К.* Технология и экономика горнотехнической рекультивации. Методические указания. – Свердловск: ИГД МЧМ СССР, 1972.
3. *Мельников Н. В.* Добыча полезных ископаемых в СССР и проблемы рекультивации земель, нарушенных горными разработками. – В сб.: Научно-технические проблемы рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых в СССР. – М., АН СССР. – С. 5–19.
4. *Мельников Н. В., Трубецкой К. Н., Леонов Е. Р.* Одноковшовые погрузчики на открытых горных разработках. – М.: Недра, 1971.
5. *Мельников Н. Н.* Теория и принципы механизации отвалообразования на карьерах. – М.: Недра, 1968.
6. *Моторина Л. В.* Основные направления научных исследований по рекультивации земель в Подмосковном угольном бассейне. – В сб.: Научные основы охраны природы. – Вып. 2. – М.: Минсельхоз СССР, 1973. – С. 88–104.
7. *Моторина Л. В., Овчинников В. А.* Промышленность и рекультивация земель. – М.: Мысль, 1975.
8. *Ржевский В. В.* Процессы открытых горных работ. – М.: Недра, 1974.
9. *Русский И. И.* Отвальное хозяйство карьеров. – М.: Недра, 1971.
10. *Хохряков В. С.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1975.
11. *Эскин В. С.* Рекультивации земель, нарушенных открытыми разработками. – М.: Недра, 1975.
12. *Юматов Б. П., Байков Б. Н., Смирнов В. П.* Открытая разработка сложноструктурных месторождений цветных металлов. – М.: Недра, 1973.

13. Горлов В. Д. Рекультивации земель на карьерах. – М.: Недра, 1981, 260 с.

14. Чулаков П. Ч., Бегалинов А., Калыбеков Т. Интенсификация рекультивации нарушенных открытыми горными работами земель. – Алматы: Ғылым, 1994. – 99 с.

15. Калыбеков Т., Бегалинов А., Сандибеков М. Н. Ашық кен жұмыстарының процесстері: Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 1997. – 164 бет.

16. Ракишев Б. Р. Прогнозирование технологических параметров взорванных пород на карьерах. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 240 с.

17. Болгожин Ш. А., Лезин Г. Д., Ищанов Т. К. Охрана подготовительных выработок на шахтах Караганды. – Алма-Ата: Наука, 1977.

18. Ищанов Т. К. и др. Технологические схемы химического укрепления неустойчивых углепородных массивов на шахтах Карагандинского бассейна. – Караганда: КНИУИ, 1987. – 43 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава I. Рекультивация нарушенных земель.....	5
1.1. Основные положения рекультивации нарушенных земель.....	5
1.2. Требования к искусственному рельефу поверхности перед биологической рекультивацией.....	9
1.3. Влияние рекультивации нарушенных земель на технологические схемы организации горных работ...	12
1.4. Современные рекомендации по комплексной рекультивации нарушенных земель.....	15
1.5. Горнотехническая рекультивация при безтранспортной системе разработки.....	20
1.6. Схемы установки экскаваторов на предотвале и вскрышном уступе.....	22
1.7. Формирование отвалов при транспортно-отвальной системе разработки.....	24
1.8. Рекультивация экскаваторных отвалов при транспортной системе разработки.....	28
1.9. Раздельная отсыпка потенциально-плодородных пород отвалообразователем при двухъярусном отвалообразовании.....	30
1.10. Технологическая схема отсыпки верхнего яруса отвалов.....	32
1.11. Снятие и транспортирование чернозема колесными скреперами.....	35
1.12. Технико-экономическая оценка схем выполаживания откосов.....	38
1.13. Методика определения затрат на рекультивацию земель.....	41
1.14. Методика расчета затрат на горнотехническую рекультивацию откосов отвала.....	43
Глава II. Технология отвальных работ на карьерах.....	48
2.1. Общие сведения.....	48
2.2. Основные параметры отвалов.....	50
2.3. Способы строительства отвалов.....	53

2.4.	Складирование пород отвальными плугами.....	55
2.5.	Технико-экономические показатели работы плужных отвалов.....	58
2.6.	Отвалообразование с использованием экскаваторов и драглайнов.....	61
2.7.	Отвалообразование с применением мехлопат.....	64
2.8.	Расчеты параметров отвального тупика.....	67
2.9.	Длина отвального тупика.....	69
2.10.	Отвалообразование с применением драглайнов.....	75
2.11.	Современное состояние отвалообразования с применением драглайнов.....	77
2.12.	Технико-экономические показатели драглайнового отвалообразования.....	79
2.13.	Перспективы драглайнового отвалообразования.....	81
2.14.	Складирование пород абзетцерами.....	84
2.15.	Бульдозерные отвалы.....	90
2.16.	Гидромеханизационные отвалы.....	92
2.17.	Технология отвалообразования с использованием плугов, абзетцеров, консольных отвалообразователей и гидравлических установок...	93
2.18.	Складирование пород гидравлическим способом	100
Глава III. Взаимосвязь вскрышных,отвальных и рекультивационных работ.....		109
3.1.	Общие сведения.....	109
3.2.	Селективная разработка вскрышного уступа с учетом агрохимической оценки пород.....	114
3.3.	Селективное формирование отвалов мостовыми наклонными отвалообразователями.....	118
3.4.	Технология разработки плодородного слоя почвы...	125
3.5.	Снятие и транспортирование чернозема колесными скреперами.....	130
3.6.	Складирование пород колесными скреперами.....	133
Глава IV. Вспомогательные работы на отвалах.....		135
4.1.	Общие сведения.....	135
4.2.	Организация работ при перемещении путей.....	137
4.3.	Способы передвижки железнодорожных путей.....	143
4.4.	Земляное полотно.....	147
4.5.	Верхнее строение путей.....	147

4.6.	Механизмы и машины для путевых работ.....	151
4.7.	Определение производительности машин на вспомогательных работах.....	157
4.8.	Борьба с прилипанием и примерзанием пород к горному и транспортному оборудованию.....	159
4.9.	Механическая очистка рабочих поверхностей транспортных сосудов.....	160
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	164
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	165

Учебное издание

Тлеухан Каирович Ищанов

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ
ОТКРЫТЫМИ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ

Учебное пособие

Нач. РО УИЦ

З. А. Губайдулина

Редактор

Г. Е. Аманбек

Компьютерная верстка

А. А. Кадирсизова

Подписано в печать 11.07.2016 г.

Тираж 300 экз. Формат 60х84 1/16 Бумага типографская № 1
Уч.-изд.л. 10,6. Усл.п.л 9,9. Заказ №754. Цена договорная

Издание Казахского национального исследовательского
технического университета имени К. И. Сатпаева

Департамент по связям с общественностью КазНITU,
г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

ISBN 978-601-323-009-2

