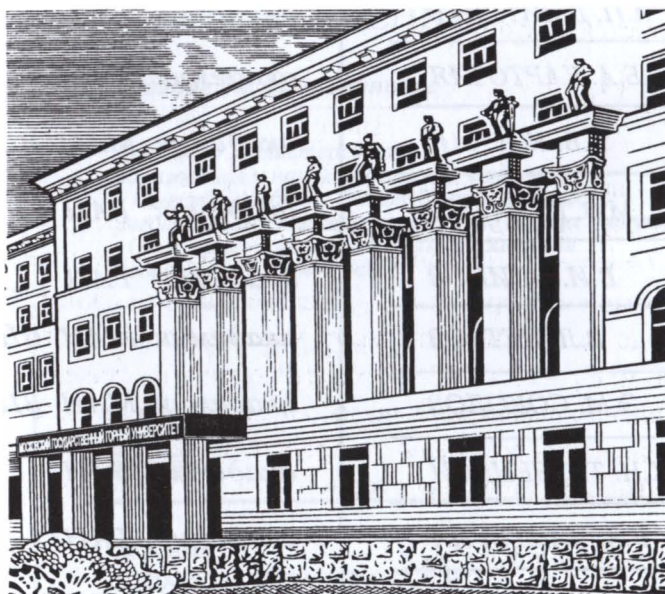


**90-летию
МГА—МГИ—МГГУ
посвящается**



РЕДАКЦИОННЫЙ С О В Е Т

Председатель
Л.А. ПУЧКОВ

Зам. председателя
Л.Х. ГИТИС

Члены редсовета
И.В. ДЕМЕНТЬЕВ

А.П. ДМИТРИЕВ

Б.А. КАРТОЗИЯ

А.В. КОРЧАК

М.В. КУРЛЕНЯ

В.И. ОСИПОВ

В.Л. ПЕТРОВ

Э.М. СОКОЛОВ

К.Н. ТРУБЕЦКОЙ

В.А. ЧАНТУРИЯ

Е.И. ШЕМЯКИН

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

*президент МГГУ,
чл.-корр. РАН*

*директор
Издательства МГГУ*

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАЕН

академик МАН ВШ

академик РАН

академик РАН

академик МАН ВШ

академик МАН ВШ

академик РАН

академик РАН

академик РАН

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

И.М. Ялтанец

ГИДРО- МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ И ПОДВОДНЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ

Книга 2

ДРАЖНАЯ РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Издание 2-е, стереотипное

*Допущено Министерством
образования и науки Российской Федерации
в качестве учебника для студентов высших
учебных заведений, обучающихся по специальности
«Открытые горные работы» направления
подготовки «Горное дело»*



МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА
2009

УДК 622.271.6(075.8)

ББК 33.22

Я 52

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей № 77.99.60.953.Д.008501.07.07

Экспертиза проведена Министерством образования и науки Российской Федерации (письмо № 3-2090 от 21.11.2005 г.)

Рецензенты:

- кафедра «Комплексное освоение и экология россыпных и морских месторождений» Российского государственного геологоразведочного университета (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. *В.П. Дробаденко*);
- д-р техн. наук, проф. *В.И. Емельянов* (зав. кафедрой «Разработка месторождений полезных ископаемых» Московского государственного открытого университета);
- *З.П. Ковалевская* (гл. инженер ФГУП «ВНИПИИстромсырье»)

Ялтанец И.М.

Я 52 Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Гидромеханизированные и подводные горные работы: Учебник для вузов. — 2-е изд., стер. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2009. — Книга 2: Дrajная разработка россыпных месторождений. — 218 с.: ил.

ISBN 978-5-7418-0549-7 (в пер.)

Рассмотрены основные производственные процессы дражной разработки россыпных месторождений. Дана классификация драг. Описаны способы вскрытия и системы разработки россыпных месторождений. Изложены технологии переработки гравийно-песчаных пород и промывки россыпных песков. Приведены сведения об очистке (осветлении) воды, продлении сезона гидромеханизированных работ и драг в сложных климатических условиях, охране и восстановлении окружающей природной среды.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Открытые горные работы» направления подготовки «Горное дело».

УДК 622.271.6(075.8)

ББК 33.22

ISBN 978-5-7418-0550-3

ISBN 978-5-7418-0549-7 (кн. 2)

© И.М. Ялтанец, 2006, 2009

© Издательство «Мир горной книги», 2006

© Издательство МГТУ, 2009

© Дизайн книги. Издательство МГТУ, 2006, 2009

РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МНОГОЧЕРПАКОВЫМИ ДРАГАМИ

1. Типы и классификация драг
 2. Устройство многочерпаковых драг
 3. Проверка соответствия конструктивных размеров драг параметрам россыпи
 4. Выемка горной массы драгой
 5. Водоснабжение дражных разработок
 6. Отвалообразование при дражной разработке
 7. Производительность драги
 8. Способы вскрытия и системы разработки россыпных месторождений многочерпаковыми драгами
-

1. ТИПЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ ДРАГ

В зависимости от генетического типа и условий залегания россыпей, пригодных к освоению дражным способом, современные драги по особенностям конструктивного исполнения добычного, маневрового и транспортно-отвального оборудования, а также по внешним очертаниям обвода корпуса понтона (судна) и надстройки разделяются на континентальные и морские.

Континентальные драги предназначены для разработки материковых россыпей, приуроченных к зоне распространения современных или древних (погребенных) речных систем. Эти драги, как правило, монтируются на плоскодонном судне (понтоне), обеспечивающем нормальную их плавучесть и эксплуатацию в замкнутом водоеме в соответствии с требованиями Речного регистра.

Морские драги предназначены для разработки россыпей, залегающих в прибрежной или глубинной акваториях морей и крупных озер. Эти драги обычно монтируются на килевых судах (реже на плоскодонных самоходных или буксирных судах), обеспечивающих нормальную их плавучесть и эксплуатацию в открытом море при штормовом волнении в соответствии с требованиями Морского регистра.

Как морские, так и континентальные драги могут оснащаться стационарным, смонтированным непосредственно на судне (понтоне), промывочно-обоганительным оборудованием либо работать с обособленными обоганительными установками. При оснащении драг обоганительным оборудованием готовые продукты (шлиховой металл, кристаллы или концентрат) получают непосредственно на драге, и хвосты промывки сбрасываются в выработанное пространство. В случае работы драг с обособленными обоганительными установками добытые пески

транспортируются к ним, где они обогащаются, и хвосты складываются в отвал. Преимущественное применение получили драги с законченным циклом переработки песков. На многих же морских драгах, работающих в условиях штормового моря, успешно используются схемы с отдельным обогащением.

Для континентальных и морских драг характерна значительная общность в конструктивном исполнении важнейших агрегатов и устройств. Поэтому все многообразие типов современных драг различного назначения можно классифицировать следующим образом.

По роду энергии, используемой приводными двигателями, драги разделяются на электрические, дизель-электрические, дизельные.

По способу передвижения (маневрирования) в разрезе (забое) различают канатно-свайные и канатно-якорные драги.

По глубине выемки пород ниже уровня воды (ниже ватерлинии) различают драги малой глубины выемки (до 6 м), средней глубины выемки (до 18 м), глубокой выемки (до 50 м) и сверхглубокой выемки (более 50 м).

По роду драгирующего аппарата драги подразделяются на ковшовые с жесткой рамой (одноковшовые типа мехлопаты, многоковшовые роторные и шарнирно-цепные со сплошной и прерывистой ковшовой цепью), ковшовые канатные (одноковшовые с оборудованием грейфера или драглайна и многоковшовые канатно-цепные), гидро- и пневмовсасывающие (землесосные, землесосные с механическим или гидравлическим разрыхлителем, эжекторные, эрлифтные, землесосные с погружными насосами) (рис. 6.1).

Ковшовые драги разделяются по вместимости ковшей на малолитражные (с ковшами вместимостью до 100 л), среднелитражные (100—150 л) и крупнолитражные (более 150 л).

Опыт дражных работ и специальные исследования показывают, что на данном этапе развития техники и технологии область рационального применения драг по глубине выемки характеризуется следующими данными (по В.Г. Лешкову).

Многоковшовые жесткорамные со сплошной и прерывистой ковшовой цепью и роторные	≤50
Землесосные (в том числе с механическим и гидравлическим рыхлителем)	80
Эрлифтные (пневмосасывающие)	200
Грейферные	250
Драглайновые и многочерпаковые канатно-цепные	1500
Эжекторные (гидровсасывающие) и землесосные с многоступенчатым подъемом погружными насосами	4600

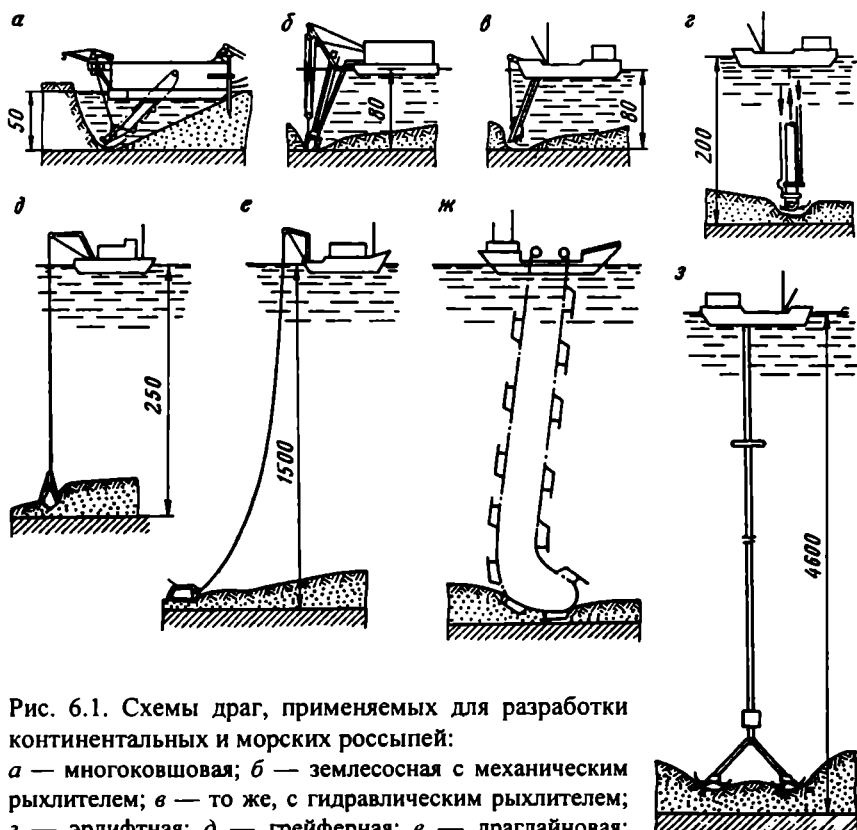


Рис. 6.1. Схемы драг, применяемых для разработки континентальных и морских россыпей:

а — многоковшовая; б — землесосная с механическим рыхлителем; в — то же, с гидравлическим рыхлителем; г — эрлифтная; д — грейферная; е — драглайновая; ж — многоковшовая канатно-цепная; з — эжекторная или землесосная с погружными насосами

Наибольшее применение получили электрические (реже дизельные) многоковшовые драги (со сплошной и прерывистой цепью) с черпаками емкостью 50—800 л и законченным циклом обогащения. Они успешно применяются при разработке континентальных и прибрежно-морских россыпей с глубиной залегания до 50 м ниже уровня воды.

Морские многоковшовые драги отличаются от континентальных драг, предназначенных для работы во внутренних водоемах, лишь особенностями маневрового и транспортно-отвального оборудования. У морских драг отсутствуют сваи и стакер. В открытом море передвижение и маневрирование драги по забою осуществляются с помощью канатно-якорного устройства. При этом имеется возможность самотечного транспортирования хвостов промывки по кормовым колодам и свободного размещения их в выработанном пространстве.

Для разработки глубинных морских россыпей многоковшовые драги не применяются. Наиболее рационально применять для этой цели одноковшовые драги. Перспективными являются многоковшовые канатно-цепные драги.

2. УСТРОЙСТВО МНОГОЧЕРПАКОВЫХ ДРАГ

Отечественные драгостроительные заводы выпускают несколько типоразмеров многочерпаковых драг, которые по производительности, мощности и глубине черпания конструктивно отличаются друг от друга. Конструктивно драга включает в себя следующее оборудование и устройства: понтон, металлоконструкции (главные фермы — суперструктура, передняя и задняя мачты, надстройка), черпающее устройство (ковшовая рама, нижний, поддерживающий, направляющий и верхний ковшовые барабаны, подковшовые ролики, ковшовая цепь, подвес ковшовой рамы, главный привод, рамоподъемная лебедка), маневровое устройство (носовые и кормовые лебедки, многобарабанная — папильонажная лебедка, бегучий такелаж, сваи с подвесом и

направляющими), обогатительное оборудование (завалочный люк и уловитель, бочка с приводом, распределитель, улавливающие устройства — шлюзы, колоды, отсадочные машины, винтовые сепараторы, концентрационные столы, доводочная аппаратура), оборудование для удаления хвостов промывки (отвалообразователь — стакер с приводом, подвес стакера с лебедкой, галечный лоток, лоток подсыпки крупных фракций под сваю, колоды и лотки для удаления эфелей), насосы и трубопроводы, подъемно-транспортное оборудование и вспомогательные лебедки, электропневматическое и рычажное управление, электрооборудование, сигнализацию и связь, смазочную систему, систему отопления, противопожарное, спасательное и противояварийное оборудование.

Маневровое устройство включает в себя одно- или двухбарабанные носовые и кормовые маневровые (папильонажные) лебедки и свайное устройство. У малолитражных драг перемещение в забое осуществляется канатно-якорным способом, у драг средней и большой мощности — с помощью свайно-канатной системы.

На обогатительном оборудовании драги производится дезинтеграция и грохочение горной массы, улавливание и доводка зерен ценных компонентов плотностью более 3 г/см^3 . Драгируемые пески поступают из ковшей в завалочный люк и установленный ниже подковшовый уловитель. Далее горная масса проходит грохочение, дезинтеграцию и первичную классификацию в барабанном грохоте. Крупная фракция (галечная) уходит в отвал, а мелкая (эфеля) поступает в распределитель. Он служит для обеспечения равномерной подачи и распределения гидросмеси по сторонам улавливающей аппаратуры. В зависимости от минерального состава россыпи на драгах устанавливают различные комплексы улавливающей и доводочной аппаратуры.

Из дражной бочки (барабанный грохот) галечная фракция разгружается в галечный лоток и поступает на ленточный конвейер стакера, которым укладывается в галечный отвал. Хвосты обогащения мелких классов удаляются по бортовым колодам в эфельные отвалы.

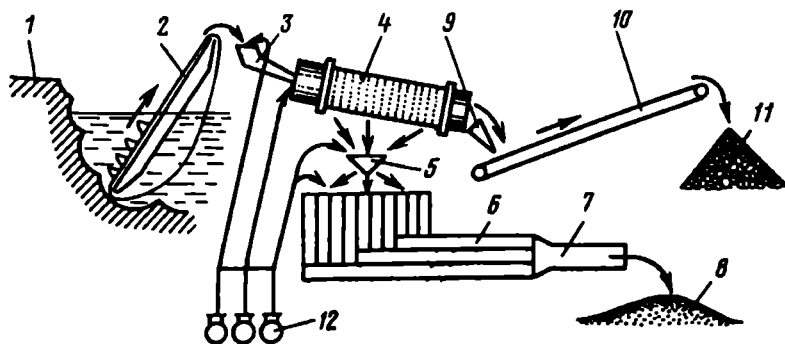


Рис. 6.2. Схематическое изображение комплекса дражных механизмов:
 1 — разрабатываемая россыпь; 2 — черпаковая цепь; 3 — загрузочный бункер; 4 — дражная бочка; 5 — распределитель; 6 — комплект шлюзов; 7 — эфельная колода; 8 — эфельный отвал; 9 — галечный лоток; 10 — отвальный конвейер; 11 — галечный отвал; 12 — насосная установка

На драгах водоснабжение процесса обогащения осуществляется центробежными насосами. Забор воды производится из приемных ящиков, установленных вдоль бортов нижней палубы понтона. На крупных драгах подача воды достигает 6000—13000 м³/ч.

Схематически все основные элементы драг и схема современной драги показаны на рис. 6.2, 6.3.

3. ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РАЗМЕРОВ ДРАГ ПАРАМЕТРАМ РОССЫПИ

Для обеспечения надлежащей полноты выемки песков, сокращения потерь и разубоживания полезного ископаемого, а также повышения общей эффективности добычных работ необходимо при установке типовых драг и в процессе отработки отдельных блоков (участков) с невыдержанными параметрами производить проверку соответствия основных конструктивных

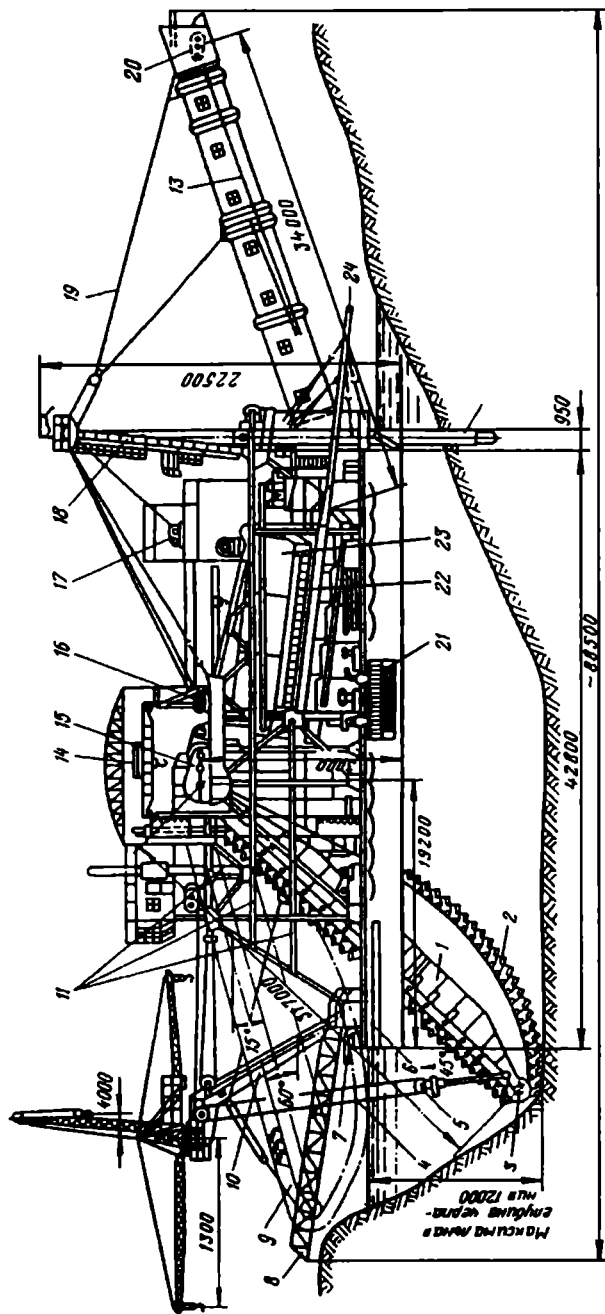


Рис. 6.3. Схема 250-литровой драги:

1 — черпаковая рама; 2 — черпаковая цепь; 3 — нижний черпаковый барабан; 4, 5 — подвес черпаковой рамы; 6 — понто́н; 7 — гидромонитор; 8 — береговая рама в поднятом положении; 10 — передняя мачта; 11 — суперструктура; 12 — свая; 13 — отвалообразователь (стакер); 14 — мостовой кран; 15 — главный привод; 16 — вспомогательная лебедка; 17 — лебедка подъема стакера; 18 — задняя мачта; 19 — подвес стакера; 20 — привод конвейера стакера; 21 — насосы; 22 — поперечные шлюзы; 23 — бочка; 24 — кормовой шлюз

размеров драги конкретным горно-геологическим условиям залегания россыпи. Такая проверка позволяет установить предельные рабочие параметры дражного разреза (забоя), которые могут быть выдержаны данным типом драги, и определить целесообразные границы ее производительного использования на добыче песков. Из основных параметров драги следует проверять расчетом длину ковшовой рамы, длину кормовых колод, длину рамы стакера, ширину его конвейерной ленты и длину свай (по В.Г. Лешкову).

Ковшовая рама. Длина ковшовой рамы (расстояние между осями верхнего и нижнего приводного барабанов) должна удовлетворять условию выемки песков из наиболее глубоких западений россыпи. В этом случае она определяется по формуле

$$A_{к.р} = \frac{B_{в.б} + (h_{б.п} - h_{пон}) + (H_{под} + z_{п}) - r_p}{\sin \alpha_{пр}}, \text{ м}, \quad (6.1)$$

где $B_{в.б}$ — высота установки оси верхнего приводного барабана над палубой понтона, м; $h_{б.п}$ — высота борта понтона, м; $h_{пон}$ — глубина осадки понтона, м; $H_{под}$ — наибольшая по разведочным данным подводная глубина россыпи, м; $z_{п}$ — глубина задиры плотика, зависящая от его крепости и глубины проникновения в подстилающие породы зерен полезного ископаемого, м, $z_{п} = (0,01 \div 0,12) H_{под}$; r_p — радиус резания пород на нижнем ковшом барабане, м; $\alpha = 45^\circ$ — предельный угол наклона ковшовой рамы.

Длина ковшовой рамы должна обеспечивать также в процессе маневрирования драги требуемую полноту выемки песков в угловых (бортовых) частях забоя (разреза) при их подработке. В этом случае длина ковшовой рамы определяется при минимальном допустимом угле маневрирования драги $\beta_{\min}$ по формуле:

$$A_{к.р} = \sqrt{\left[L_6 + k_1 (H_{н.б} + h_{б.п} + k_2 a_d + k_3 l_{пон}) \right]^2 + (B_{в.б} + h_{б.п})^2} - r_p, \quad (6.2)$$

где L_6 — расстояние от носа понтона до оси верхнего приводного барабана, м; $H_{н.б}$ — предельная высота надводного борта россыпи, срабатываемого ковшами, м; a_d — шаг драги, м; $l_{пон}$ —

ширина носовой части понтона драги, м; k_1, k_2, k_3 — коэффициенты, зависящие от угла ($\beta_{\min}/2$) поворота драги (табл. 6.1).

Длина кормовых колод должна обеспечивать возможность размещения эфельных отвалов на требуемом расстоянии от кормы понтона, обеспечивающем необходимый зазор между плоскостью днищевых скосов и поверхностью эфелей в отвале и возможность свободного перемещения драги в процессе маневрирования. Длина кормовых колод определяется по следующим формулам:

при повороте драги в сторону рабочей сваи

$$L_{\kappa.\kappa} = \frac{h_3 + h_{\text{пон}} + t_3 \cos \nu_3 - H_{\text{под}}}{\operatorname{tg} \nu_3} + t_3 \sin \nu_3 + l_{\text{кор}} + 0,5(B_{\text{пон}} - l_{\text{св}}) \sin \frac{\beta}{2} - (l_{\kappa.\kappa} + l_{\text{кор}}) \cos \frac{\beta}{2}, \text{ м}; \quad (6.3)$$

при повороте драги в сторону нерабочей сваи

$$L_{\kappa.\kappa} = \frac{h_3 + h_{\text{пон}} + t_3 \cos \nu_3 - H_{\text{под}}}{\operatorname{tg} \nu_3} + t_3 \sin \nu_3 + l_{\text{кор}} + 0,5(B_{\text{пон}} + l_{\text{св}}) \sin \frac{\beta}{2} - (l_{\kappa.\kappa} + l_{\text{кор}}) \cos \frac{\beta}{2}, \text{ м}, \quad (6.4)$$

Таблица 6.1

Значения коэффициентов k_1, k_2, k_3

Минимальный угол маневрирова- ния драги $\beta_{\min}$, градусы	Угол поворота драги $\beta_{\min}/2$, градусы	$k_1 = \sin \frac{0,25}{\beta_{\min}/2}$	$k_2 = \cos \beta_{\min}/2$	$k_3 = \operatorname{tg} \frac{0,5}{\beta_{\min}/2}$
40	20	0,73	0,94	1,37
50	25	0,59	0,91	1,07
60	30	0,5	0,87	0,87
70	35	0,43	0,82	0,71
80	40	0,39	0,77	0,6
90	45	0,35	0,71	0,5
100	50	0,32	0,63	0,42
110	55	0,3	0,57	0,35
120	60	0,29	0,5	0,29
130	65	0,28	0,42	0,23

где h_3 — высота эфельного отвала, м; $t_3 = 0,1 \div 0,5$ — минимальный допустимый зазор между кормой понтона и поверхностью эфельного отвала, м; $\nu_3 = 15 \div 28^\circ$ — угол откоса эфельного отвала в средней части; $l_{\text{кор}}$ — расстояние от оси сваи до кормы понтона, м; $B_{\text{пон}}$ — ширина понтона, м; $l_{\text{св}}$ — расстояние между сваями, м; $l_{\text{к.с}}$ — длина кормового скоса понтона, м.

Если подводная ширина b_3 развала эфельного отвала не превышает 30 м, то его высота определяется по формуле

$$h_3 = 0,0028 b_3^{1,6}, \text{ м.} \quad (6.5)$$

Длина рамы стакера (расстояние между центрами верхнего и нижнего приводных барабанов) и *угол его наклона* определяют наибольшую подводную высоту галечного отвала, который может быть отсыпан драгой. Поэтому при заданных конструктивных размерах стакера высота отвала должна быть меньше допустимой высоты подъема головной его части над уровнем воды в разрезе на величину безопасного зазора. Длина рамы стакера определяется по формуле

$$L_{\text{ст}} = \frac{(h_3 + h_r + c_c + l_{\text{без}}) - [H_{\text{под}} + l_{\text{под}} + (h_{\text{б.п}} - h_{\text{пон}})]}{\sin \omega_c} - r_c, \text{ м,} \quad (6.6)$$

где h_r — высота галечных отвалов, м; c_c — толщина рамы стакера до оси приводного барабана у окна для выброса гали, м; $l_{\text{без}} = 0,7 \div 1,5$ — безопасный зазор между гребнем галечного отвала и рамой стакера, м; $l_{\text{пал}}$ — расстояние от нижнего барабана стакера до палубы понтона, м; r_c — радиус приводного барабана стакера, м; $\omega_c = 17 \div 20^\circ$ — угол наклона рамы стакера.

Ширина конвейерной ленты стакера определяется из условия обеспечения возможности транспортирования объема добытой черпающим аппаратом горной массы по формуле

$$b_{\text{л.с.}} = 1000 \sqrt{\frac{Q_d}{k_{\text{от}} \nu_l}}, \text{ мм,} \quad (6.7)$$

где Q_d — расчетная часовая производительность драги по горной массе, м³/ч; ν_l — скорость движения ленты, м/с (табл. 6.2);

$k_{от}$ — коэффициент, зависящий от угла естественного откоса транспортируемой горной массы (табл. 6.3).

Ширина конвейерной ленты стакера должна удовлетворять условию

$$b_{л.с} \geq 3l_b + 200, \quad (6.8)$$

где l_b — максимальный размер транспортируемых валунов, мм.

Таблица 6.2

Допустимая скорость движения (м/с)

Крупность транспортируемой галечной фракции, мм	Угол наклона стакера, градусы	Ширина ленты, мм		
		500—750	800—1000	1200 и более
≤100	≤10	1—1,6	1,25—2	1,6—2,5
>100	10—15	0,95—1,5	1,18—1,9	1,5—2,3
	15—20	0,9—1,4	1,12—1,8	1,4—2,2
	≤10	1—1,25	1,25—1,6	1,6—2
	10—15	0,95—1,18	1,18—1,5	1,5—1,9
	15—20	0,9—1,12	1,12—1,4	1,4—1,8

Таблица 6.3

Значения коэффициента $k_{от}$

Угол естественного откоса транс- портируемой горной массы, градусы	Угол наклона стакера, градусы			
	5	10	15	20
25	260	235	210	185
30	285	260	235	210
35	310	285	260	235
40	335	310	285	260
45	365	335	310	285

При наличии на драге промежуточного конвейера для транспортирования вскрышных пород в случае их раздельной выемки без промывки расчетная производительность ленточного конвейера стакера должна быть на 10 и 25 % выше средней производительности черпающего аппарата соответственно для драг с прерывистой и сплошной ковшовой цепью.

Длина свай. Свайное устройство драги воспринимает значительные нагрузки в процессе черпания (особенно при задирке плотика). Для стабилизации положения драги в забое свая должна иметь длину, обеспечивающую ее заглубление на требуемую величину как при отработке забоя с нормальным шагом, так и при развороте драги на 90°. Проверочный расчет обычно производится для наихудшего случая, т.е. для участка россыпи с наиболее низким расположением эфельного отвала относительно уровня воды. При этом принимается, что драга уходит вперед на величину двойного шага. Расчет производится по следующим формулам:

подводная длина свай

$$l_{\text{под}} = \frac{2a_{\text{д}} + L_{\text{к.к}} - l_{\text{кор}}}{\text{tg } \nu_3} + H_{\text{под}} - h_3 + l_{\text{н.с}}, \text{ м}, \quad (6.9)$$

где $l_{\text{н.с}}$ — длина наконечника, свай, м;

надводная длина свай

$$l_{\text{над}} = l_{\text{уп}} + (h_{\text{б.п}} - h_{\text{понт}}) + l_{\text{зап}}, \text{ м}, \quad (6.10)$$

где $l_{\text{уп}}$ — расстояние от палубы понтона до верхнего свайного направляющего упора, м; $l_{\text{зап}} = 1 \div 2$ — запасная длина свай, м.

Полная длина свай

$$l_{\text{св}} = l_{\text{под}} + l_{\text{над}}, \text{ м}. \quad (6.11)$$

4. ВЫЕМКА ГОРНОЙ МАССЫ ДРАГОЙ

Способы выемки пород драгой различаются по последовательности и порядку их извлечения ковшовой цепью в вертикальной и горизонтальной плоскостях забоя. Выемка пород в вертикальной плоскости разделяется на слоевую и с подработкой уступа.

При слоевой выемке пласт песков вынимается на всю мощность сверху вниз отдельными слоями, близкими к горизонтальным. Выемка с подработкой уступа начинается с плотика либо с промежуточного среднего горизонта. Сначала создается вруб, а затем осуществляется извлечение обрушенных пород. Этот способ применяется ограниченно (в основном при отработке россыпей средней мощности, сложенных относительно рыхлыми породами, а также при повторной разработке ранее отработанных площадей и пересечении отвалов предыдущих ходов).

Преобладающее применение на дражных разработках нашла слоевая выемка, так как в большинстве случаев она обеспечивает лучшие показатели работы драг. Достоинством слоевой выемки является возможность регулирования коэффициента наполнения ковшей в зависимости от характера пород и содержания в них металла. Этот способ позволяет раздельно вынимать пустые породы и металлоносные пески, что весьма важно при разработке россыпей с четкими границами между торфами и песками (рис. 6.4). При слоевой выемке стружка породы отделяется от целика боковой частью режущей кромки черпаков. Высота стружки h_c равна величине опускания черпаковой рамы в углах забоя. Ширина стружки породы b_c , срезаемой каждым черпаком, зависит от скорости V_6 бокового перемещения драги и скорости $V_ч$ движения черпаковой цепи. Вследствие бокового перемещения драги стружка срезается черпаком под углом φ к продольной оси забоя драги (угол сдвига); $\operatorname{tg} \varphi = \frac{V_6}{V_ч}$. Скорости V_6 и $V_ч$ зависят от конструктивно-

го исполнения и принятой системы приводов маневрового и черпающих устройств.

Боковое усилие при выемке минимально, если $\varphi \leq \epsilon$, где ϵ — угол развала черпака по верхней плоскости стружки.

Ширина стружки при дражной выемке

$$b_c = \frac{60V_6}{n}; \quad b_c = \frac{V_6 \cdot t_q}{V_q}; \quad (6.12)$$

$$\text{в среднем } b_c = (2,3 \div 3) \cdot h_c, \quad (6.13)$$

$$\text{где } V_6 = \frac{b_c \cdot n}{60}; \quad V_q = \frac{t_q \cdot n}{60}; \quad (6.14)$$

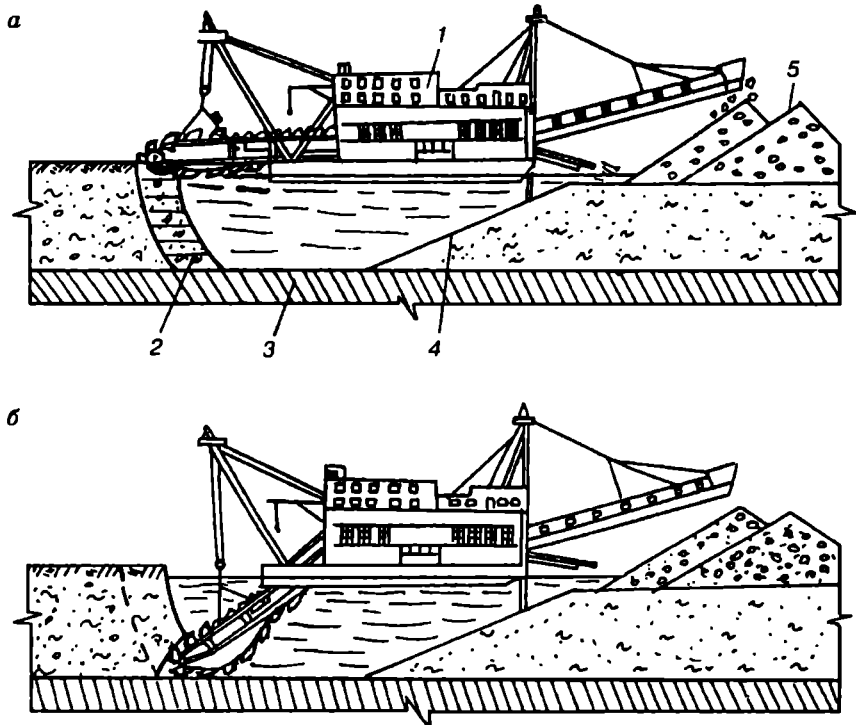


Рис. 6.4. Схема выемки горной массы драгой:

a — слоевая выемка; *б* — выемка с подработкой уступа; 1 — драга; 2 — разрабатываемый слой; 3 — плотик; 4 — эфельный отвал; 5 — галечный отвал

n — число черпаков, проходящих через верхний черпаковый барабан (разгружаемых) в минуту; V_6 — скорость бокового перемещения драги вдоль забоя, м/с (0,08—0,22; 0,08—0,12; 0,08—0,11, соответственно при 80Д и 250Д, ОМ-431, 600 Д); $V_ч$ — скорость движения черпаковой цепи, м/с; $t_ч$ — шаг черпака (расстояние) между осями его передних и задних пружин (табл. 6.13), м; h_c — высота вынимаемого слоя, м.

Высота вынимаемого слоя породы определяется при рациональном режиме работы маневрового и черпающего аппаратов драги по формуле

$$h_c = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{41E}{a \cdot \rho}}, \quad (6.15)$$

где E — вместимость черпака, м³; a — шаг передвижки драги, м (табл. 6.4); ρ — коэффициент разрыхления породы (1,12; 1,2; 1,25; 1,30; 1,35; 1,40 — соответственно при I, II, III, IV, V, VI категории пород).

При этом обеспечивается минимальный удельный расход электроэнергии на выемку пород и наполнение черпаков.

Таблица 6.4

Максимальные и рациональные значения зашагивания драги

Драга	Вместимость черпака, л	Максимальная подводная глубина черпания, м	Величина зашагивания, м	
			максимальная по конструктивным параметрам	рациональная по условиям полноты выемки песков
80Д	80	6	3,5	2—3
150Д	150	9	4,5	2,6—4,2
250Д	250	12	5,5	3—5
ОМ-431	380	30	7,5	3,8—5,8
ОМ-417	400	17	8,5	3,8—5,8
600Д	600	50	10	4,5—7

Эффективность процесса черпания и полнота выемки песков зависит от шага драги. Минимальная величина шага определяется из условия эффективности черпания слабых пород, максимальная — крепких пород. Шаг драги

$$a = \frac{E \cdot n \cdot k_n}{60V_6 \cdot h_c \cdot \rho}, \text{ м}, \quad (6.16)$$

где k_n — коэффициент наполнения черпаков породой.

Минимальные потери в межшаговых целиках и бортах россыпи достигаются при условии: величина шага драги a не более двухкратного радиуса r резания пород на нижнем черпаковом барабане для россыпей с высоким содержанием полезного ископаемого и глубиной залегания, близкой к максимальной глубине черпания драги; и не более трехкратного значения радиуса r — для неглубоких россыпей, т.е.

$$a = (1,8 \div 2,8) \cdot r, \text{ м}. \quad (6.17)$$

Оптимальная высота вынимаемого слоя и шаг драги устанавливаются при коэффициенте наполнения черпаков в центральной части забоя $k_{н.ц}$ (табл. 6.5).

Выемка пород в горизонтальной плоскости забоя свайными драгами может осуществляться прямым забоем, прямым или косым забоем с переменной свай, косым забоем с отброской кормы, прямыми и косыми полузабоями и комбинированным способом (рис. 6.5).

Таблица 6.5

Значения коэффициента наполнения черпаков $k_{н.ц}$ в центральной части забоя

Драга	Категория породы					
	I	II	III	IV	V	VI
80Д	1,06	0,83	0,68	0,52	0,37	0,16
150Д	1,07	0,84	0,7	0,56	0,43	0,21
250Д	1,1	0,91	0,78	0,66	0,53	0,26
ОМ-431	1,17	0,98	0,87	0,76	0,64	0,29
600Д	1,17	1,0	0,90	0,79	0,76	0,48

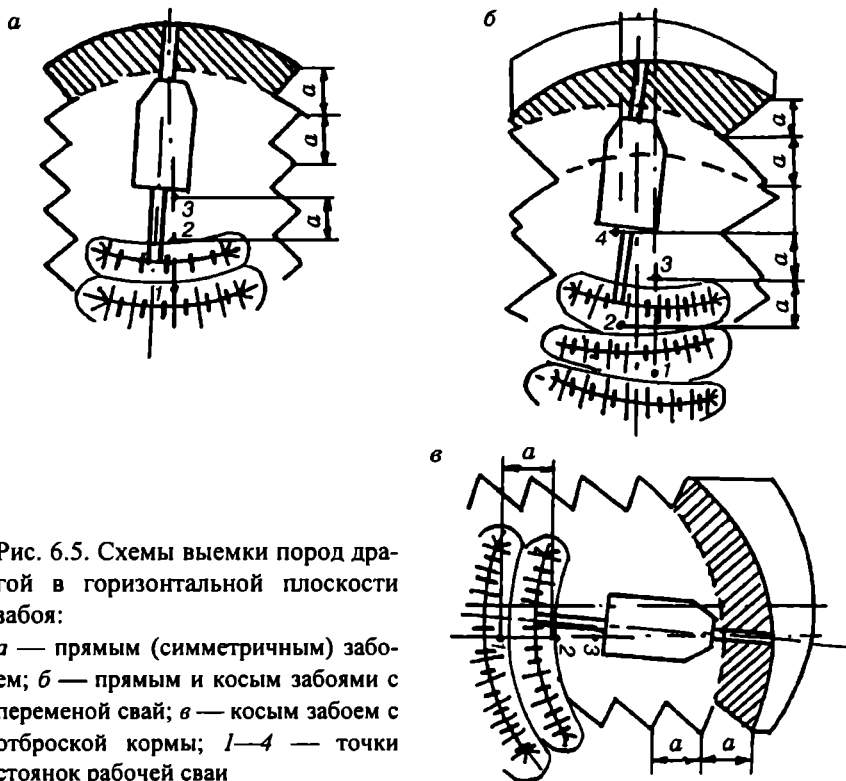


Рис. 6.5. Схемы выемки пород драгой в горизонтальной плоскости забоя:

а — прямым (симметричным) забоем; *б* — прямым и косым забоями с переменной свай; *в* — косым забоем с отброской кормы; 1—4 — точки стоянок рабочей сваи

При выемке пород *прямым забоем* драга располагается в средней части забоя так, чтобы ее рабочая ось и продольная ось разреза совпадали. Выемка пород ведется по всей ширине забоя послойно сверху вниз до плотика с перемещением драги от средней линии забоя вправо и влево на одинаковый угол маневрирования, т.е. симметрично. Породы укладываются в средней части разреза, причем оси забоя и галечных отвалов почти совпадают, а ось эфельного отвала несколько смещена в сторону нерабочей сваи. Этот способ отработки забоя наиболее эффективен, так как обеспечивает равномерную загрузку черпающего, маневрового и промывочно-обогащительного аппаратов драги, за счет чего достигается более полное извлечение полезного ископаемого и минимальные энергетические затраты на выемку.

Выемка пород *прямым забоем с переменной свай* осуществляется аналогично выемке прямым забоем, но при попеременном чередовании свай. Для этого драга размещается также в средней части разреза, при зашагивании корма понтона несколько смещается таким образом, чтобы на оси забоя располагались точки стояния рабочих свай. Этот способ позволяет более полно использовать отвальную емкость за счет некоторого перераспределения отвалов в выработанном пространстве (особенно эфельных), что является важным для россыпи с повышенным выходом эфельной фракции. Однако в этом случае забой драги в плане теряет свою симметричную форму, в результате чего несколько усложняется процесс слоевой выемки, и степень наполнения ковшей при прочих равных условиях может снижаться.

При выемке пород *косым забоем* драга располагается ближе к одному из бортов разреза (например, ближе к нерабочему борту при поперечных системах разработки и системах со смежными забоями). Выемка пород ведется послойно сверху вниз. При этом углы поворота драги в сторону рабочей и нерабочей свай различны, а ось забоя и ось драги не совпадают, что обуславливает одностороннее складирование отвалов на удалении от рабочего борта разреза, исключая его подсыпку. Однако выемка пород в углах забоя (подработка углов), прилегающих к более широкой от оси разреза его части, осложняется из-за сокращения длины выемочной площадки, а также снижения тяговых усилий, развиваемых бортовыми маневровыми канатами при работе драги. Выемку косым забоем следует применять при значительной глубине россыпи, когда возникает необходимость предотвращения подсыпки пласта песков отвалами, уменьшения потерь и разубоживания, использования отвалов для сооружения плотин и перемычек, а также в случае необходимости одностороннего расположения отвалов.

5. ВОДОСНАБЖЕНИЕ ДРАЖНЫХ РАЗРАБОТОК

При работе драг на хорошо обводненных россыпях, расположенных в долинах крупных рек, необходимость в дополнительном водоснабжении разреза отпадает, но особое значение приобретает осветление технологических вод, сбрасываемых из дражного разреза в водоем общего пользования. На россыпях с недостаточной обводненностью для обеспечения нормальных условий эксплуатации драг необходимо осуществлять искусственное регулирование стока путем сооружения водохранилища (или системы водохранилищ), вмещающего запас воды, накапливаемой в период избытка естественного стока, чтобы из него пополнять дражный разрез, когда потребность в воде превышает ее поступление из естественного источника.

Строительство гидротехнических сооружений для регулирования стока водоисточника целесообразно в том случае, когда затраты на их возведение окупаются получаемым дополнительно драгой металлом, либо при этом достигаются другие производственные преимущества.

Объем водохранилища определяется, как правило, на основе водохозяйственных расчетов, в которых увязываются графики водопотребления и стока, учитываются потери воды и необходимая степень обеспеченности водой.

Необходимый приток воды должен удовлетворять условию

$$Q_{\text{под}} + Q_{\text{пов}} + Q_{\text{доп}} = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{ос}}, \quad (6.18)$$

где $Q_{\text{под}}$ — приток подземных вод, $\text{м}^3/\text{с}$; $Q_{\text{пов}}$ — поверхностный приток, $\text{м}^3/\text{с}$; $Q_{\text{доп}}$ — дополнительный приток воды, $\text{м}^3/\text{с}$; $Q_{\text{пр}}$ — потери воды от просачивания, $\text{м}^3/\text{с}$; $Q_{\text{ос}}$ — поверхностный сток воды для осветления, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$Q_{\text{пр}} = 0,5 \cdot k_{\text{ф}} \cdot L_{\text{б}} \cdot H_{\text{под}}^2, \quad (6.19)$$

где $k_{\text{ф}}$ — коэффициент фильтрации пород наносов, $\text{м}/\text{сут}$; $L_{\text{б}}$ — длина борта горной выработки поперек россыпи, м ; $H_{\text{под}}$ — подводяная глубина россыпи, м .

Потери воды от просачивания составляют 10—100 м³/с (при сильнотрещиноватом плотике утечка может быть значительно больше).

Поверхностный сток для осветления воды определяется по формуле

$$Q_{oc} = (\mu_d \cdot a_1 + \eta \cdot \mu_n \cdot a_2) Q_d, \quad (6.20)$$

где $\mu_d = 0,002 \div 0,1$ — коэффициент засоренности пород древесными остатками (равный отношению мощности слоя древесных остатков к общей мощности россыпи); $a_1 = 100 \div 150$ — удельный расход воды для выноса древесных остатков, м³/м³; $\eta = 0,4 \div 1$ — коэффициент выноса частиц (равный отношению объема илисто-глинистых частиц, подлежащих выносу, к общему их объему); μ_n — коэффициент илистости пород (равный отношению объема илисто-глинистых частиц к общему их объему); Q_d — производительность драги по породе (в целике), м³/с; $a_2 = 10 \div 12$ — удельный расход воды для выноса илистых частиц, м³/м³.

В условиях недостаточного поверхностного стока дополнительное водоснабжение осуществляется путем устройства водосборника, проведения водозаводных канав, использования насосных установок или комбинированного использования этих способов. Водохранилища могут создаваться в складках рельефа местности либо путем строительства плотин в верховьях долины (с подачей воды в дражный разрез самотеком) или в нижних частях россыпи, откуда вода подается насосами.

При водоснабжении по водозаводным канавам вода в дражный разрез поступает из ближайших от полигона естественных водоемов (рек, озер). Общая протяженность таких канав и объем земляных работ при их проходке могут быть значительными. Поэтому сооружение их, как правило, осуществляется по разработанному и утвержденному руководством прииска проекту.

В случае разработки маловодных россыпей (например, расположенных в зоне распространения многолетней мерзлоты) для дополнительной подачи воды в дражный разрез часто приходится создавать сложные и дорогостоящие системы водо-

снабжения с весьма разветвленными водоподводящими коммуникациями, которые одновременно используются для оттаивания многолетней мерзлоты в пределах промышленных контуров полигона.

Различают следующие способы водоснабжения, освещения и очистки сточных вод (рис. 6.6).

1 Прямоточное водоснабжение с полным или частичным забором дебита питающего водоисточника в дражный разрез и сбросом избыточного количества воды в долину без предварительного ее осветления. Такое водоснабжение применяется на хорошо обводненных россыпях, когда водопитающий источник и дражный разрез непосредственно связаны между собой и дебит воды обеспечивает разбавление технологических сбросов до требуемой нормы.

2 Прямоточное водоснабжение с полным или частичным забором дебита питающего водоисточника в дражный разрез и сбросом избыточного количества воды в долину с предварительным осветлением ее отстоем или коагуляцией с последующим отстоем. Этот способ водоснабжения применяется в основном на достаточно обводненных россыпях, когда дебит питающего водоисточника недостаточен для разбавления технологических сбросов до требуемой нормы.

3 Обратное водоснабжение с осветлением слива отстоем и восполнением потерь свежей воды. Оно применяется на россыпях со средней и малой водообеспеченностью, когда прямая связь разреза и питающего водоисточника затруднена либо его дебит достаточен только для восполнения потерь, но не обеспечивает разбавления технологических сбросов до требуемой нормы.

4 Тупиковое водоснабжение глухого разреза путем прямоточной подачи свежей воды (постоянно или периодически) из питающего водоисточника в объеме, восполняющем потери воды в разрезе без сброса отработанных вод в долину. Такой способ водоснабжения применяется при отработке увалных (террасовых), ключевых и долинных россыпей (со средней и малой водообеспеченностью), расположенных на значительном удалении или вблизи питающего водоисточника и представленных

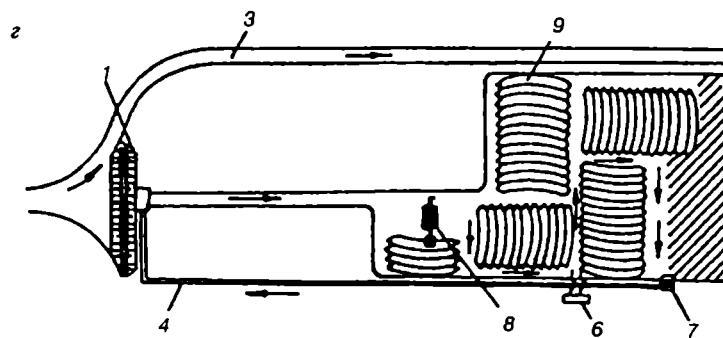
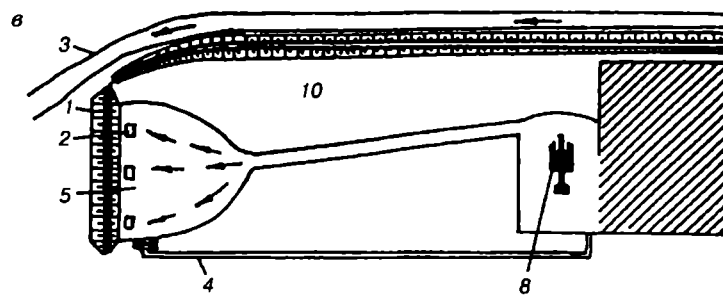
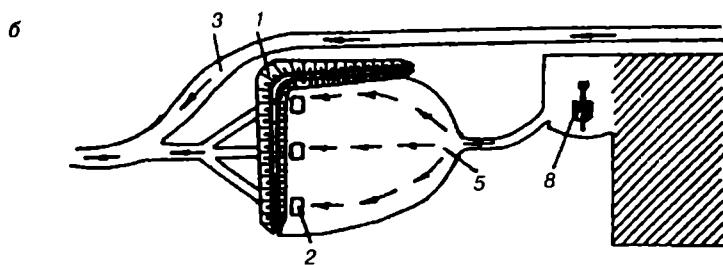
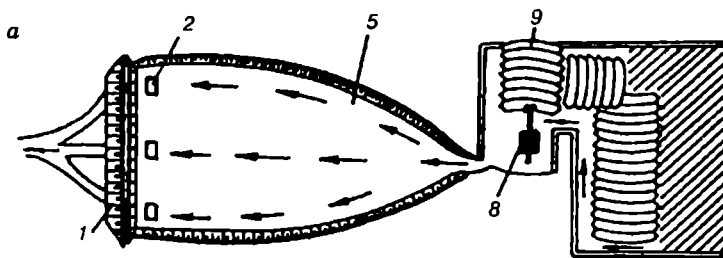


Рис. 6.6. Схемы водоснабжения дражного разреза:

а, б — прямоточное водоснабжение соответственно с полным и частичным использованием дебита реки и осветлением слива отстоем; *в, г* — замкнутое водоснабжение соответственно с осветлением слива отстоем и коагуляцией с отстоем; *1* — плотина (перемычка); *2* — водопускной колодец; *3* — русло реки; *4* — водовод, *5* — отстойник; *6* — станция коагуляции; *7* — насосная станция оборотной воды; *8* — драга; *9* — дражные отвалы; *10* — дамба обвалования

водоупорными либо легкофильтрующими породами, когда дебит этого водоисточника достаточен лишь для компенсации фильтрационных потерь, потерь на испарение и остаточную влажность пород в отвале. При этом содержание в россыпи золота крупностью 0,25 мм должно быть не более 10 %, а содержание дисперсных илисто-глинистых частиц крупностью 0,005 мм — не более 1,5 %.

5 Замкнутое водоснабжение разреза с частичным осветлением стоков отстоем либо с осветлением одной части их коагуляцией, а другой — отстоем и с периодическим восполнением потерь путем подачи свежей воды из внешнего водоисточника. Этот способ водоснабжения применяется в основном при недостаточной обводненности россыпи, значительном удалении от разреза питающего водоисточника и разработке водоупорных пород с небольшим содержанием частиц крупностью менее 0,001 мм.

Выбор способа водоснабжения разреза, осветления и очистки сточных вод при дражной разработке должен обосновываться проектом с учетом факторов, определяющих потребность народного хозяйства в данном полезном ископаемом и необходимость проведения специальных мероприятий по охране и воспроизводству водных ресурсов.

Расчет водохранилищ

Водохранилища сооружаются для регулирования стока. Естественный приток воды в водохранилище определяется по формуле

$$W_e = M_0 \cdot F, \quad (6.21)$$

где M_0 — средний многолетний модуль стока с 1 км², л/с; F — площадь водосбора, км².

Значение M_0 может быть принято по данным гидрометрических наблюдений за водоисточником или по данным аналогичных бассейнов.

Необходимый объем воды W_r и объем водохранилища W_b определяются по формулам:

$$W_r = W_n \cdot q_n; \quad W_b = W_r + W_m, \quad (6.22)$$

где W_n — годовая производительность карьера по породе, м³; W_m — «мертвый» объем водохранилища, м³.

Водный баланс водохранилища должен удовлетворять условиям:

$$W_r = W_e - (q_{ф.н} + W_m); \quad (6.23)$$

$$W_{ис} = F_n \cdot \beta \cdot d_{вл} \cdot (15 - 3 \cdot V_{вет}), \quad (6.24)$$

где F_n — площадь водохранилища, с которой испаряется вода, м²; β — коэффициент, учитывающий дефицит влажности (табл. 6.6); $d_{вл}$ — среднемесячный дефицит влажности, мм; $V_{вет}$ — средняя за месяц скорость ветра на высоте 10 м, м/с; $q_{ф.н}$ — фильтрационные потери воды, м³.

Для образования водохранилищ, как правило, сооружаются насыпные и намывные земляные плотины.

Таблица 6.6

$d_{вл}, \text{мм}$	β	$d_{вл}, \text{мм}$	β	$d_{вл}, \text{мм}$	β
15	0,52	4	0,76	1	1,09
10	0,57	3	0,84	0,5	1,2
8	0,60	2	0,95	0,3	1,25
6	0,65	1,5	1	0,2	1,3
5	0,70	1,2	1,04	0,1	1,4

6. ОТВАЛООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ДРАЖНОЙ РАЗРАБОТКЕ

Параметры и форма отвалов при дражной разработке россыпей в основном зависят от порядка отсыпки, гранулометрического состава пород и технологии выемки полезного ископаемого. В соответствии с этим отвалы могут складываться в выработанном пространстве и на бортах полигона. Различают следующие виды отсыпки отвалов (рис. 6.7):

- ♦ кормовую прямую (симметричную) отсыпку в выработанное пространство;
- ♦ кормовую боковую (несимметричную) отсыпку в выработанное пространство;
- ♦ бортовую одностороннюю отсыпку на нерабочий борт россыпи или в выработанное пространство.

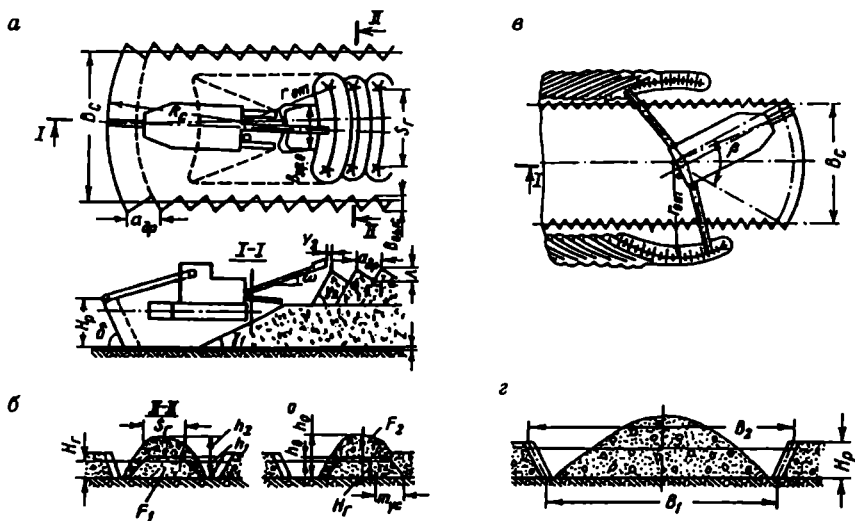


Рис. 6.7. Схема отсыпки отвалов свайными драгами:

а — кормовая прямая отсыпка; б — кормовая боковая отсыпка; в — бортовая двухсторонняя отсыпка; г — отсыпка гальки и эфелей

В вертикальном сечении отвалы могут быть с однослойным смешанным распределением гальки и эфелей и с двухслойным обособленным распределением, с размещением эфелей в верхней части, а гальки в нижней, с размещением гальки в верхней части, а эфелей в нижней. Из указанных способов отсыпки отвалов каждый может осуществляться при наличии на драге определенного комплекса оборудования либо с применением особых приемов маневрирования драги.

Кормовая прямая и боковая отсыпки отвалов осуществляются отвалообразователем и кормовыми хвостовыми колодцами при работе драги соответственно в симметричном и несимметричном забоях. Бортовая отсыпка осуществляется при оснащении драги двумя бортовыми отвалообразователями (стакерами). В случае отсыпки на борт россыпи и эфельной фракции драга должна оснащаться гидротранспортным оборудованием. При отсыпке однослойного отвала драгу оснащают обезвоживающим устройством, обеспечивающим подачу эфельной фракции на ленточный конвейер стакера для совместного транспортирования с галькой в отвал. Так как ширина площади, на которой укладывается отвал меньше, чем ширина забоя, то высота отвала с учетом разрыхления получается значительно выше, чем мощность разрабатываемой россыпи. В эфельном отвале выделяют верхнюю, среднюю и нижнюю зоны, отличающиеся друг от друга гранулометрическим составом пород и углами естественного откоса. Верхняя зона, в которую сбрасываются с хвостовых колод галечная фракция и пульпа, имеет угол откоса, равный $28\text{--}30^\circ$. В этой зоне преобладают в основном гравийные и песчаные фракции. Средняя зона состоит из песчано-илистых фракций, в результате чего угол откоса составляет $8\text{--}12^\circ$. В нижней зоне отвал состоит в основном из илисто-песчаных и тонкодисперсных фракций. Угол откоса этой зоны составляет $4\text{--}7^\circ$.

Галечные отвалы в обычных условиях размещаются на эфельных отвалах, и высота их при отработке россыпи средней каменистости одинарным забоем примерно равна подводной мощности вынимаемой части залежи, а угол естественного откоса отвала составляет $36\text{--}38^\circ$.

Площадь поперечного сечения эфельного отвала

$$F_1 = H_{\text{рос}} \cdot B_3 [1 - (\mu_k + \mu_s) \cdot \rho_1], \text{ м}^2, \quad (6.25)$$

где $H_{\text{рос}}$ — мощность разрабатываемой россыпи, м; B_3 — средняя ширина забоя, м; $\mu_k = 0,1 \div 0,7$ — коэффициент каменистости (равный отношению объема валунной и галечной фракции к объему породы в целике); $\mu_s = 0,01 \div 0,08$ — коэффициент выноса породы из разреза (равный отношению объема тонкозернистых пород, выносимых водным потоком, к объему породы в целике); $\rho_1 = 1,05 \div 1,1$ — коэффициент разрыхления эфелей в отвале.

Ширина эфельного отвала определяется по формуле

$$B_{\text{эф.о.}} = \frac{1}{H_{\text{раз}} + 0,55 \cdot h_{\text{эф}}} \cdot \left[F_1 - H_{\text{раз}}^2 \cdot \text{ctg } \gamma_1 + \frac{m_{\text{ус}}^2}{\text{ctg } \gamma_1 + \text{ctg } \delta} \right], \quad (6.26)$$

где $H_{\text{раз}}$ — подводная глубина разреза в месте расположения эфельного отвала, м; $h_{\text{эф}}$ — надводная высота эфельного отвала, м; $\gamma_1 = 24 \div 28^\circ$ — средний угол откоса эфельного отвала; δ — расчетный угол откоса борта разреза,

$$\text{ctg } \delta = \frac{B_2 - B_1}{2 \cdot (H_{\text{раз}} + Z_{\text{п}})}; \quad (6.27)$$

B_1, B_2 — ширина забоя соответственно по плотику и по поверхности россыпи, м; $Z_{\text{п}}$ — принятая глубина заделки плотика, м; $m_{\text{ус}}$ — условное перекрытие нижним отвалом основания разреза, м,

$$m_{\text{ус}} = 0,5 \cdot (B_{\text{эф.о.}} + 2H_{\text{раз}} \cdot \text{ctg } \gamma_1 + B_{\text{выс}} - B_1); \quad (6.28)$$

$B_{\text{выс}}$ — боковой выступ по борту разреза, м.

Взаимосвязь основных размеров эфельного отвала с его поперечным сечением выражается формулой

$$F_1 = B_{\text{эф.о.}} \cdot H_{\text{раз}}^2 \cdot \text{ctg } \gamma_1 + 0,55 \cdot B_{\text{эф.о.}} \cdot h_{\text{эф}} - \frac{m_{\text{ус}}}{\text{ctg } \gamma_1 + \text{ctg } \delta}. \quad (6.29)$$

Полная высота эфельного отвала определяется по формуле

$$h_{\text{эф.о}} = H_{\text{раз}} + h_{\text{эф}}. \quad (6.30)$$

Радиус рассеивания галечных отвалов определяется по формуле

$$R_{r.o} = l_{p.o} \cdot \cos \omega + y_2 - (l_{\text{кор}} + IO), \quad (6.31)$$

где $l_{p.o}$ — длина рамы между осями ведущего и натяжного барабанов отвалообразователя (стакера), м; $\omega = 16 \div 18^\circ$ — угол подъема стакера; $y_2 = 1 \div 2,5$ — расстояние выброса галечных фракций за ось верхнего барабана, м; $l_{\text{кор}}$ — расстояние от кормы понтона до оси нижней опоры рамы стакера на палубе понтона, м; IO — расстояние от понтона до оси свай, м.

Ширина площади рассеивания галечного отвала при выемке пород прямым (симметричным) забоем определяется по формуле

$$S_{\text{рас}} = 2R_{r.o} \cdot \sin \frac{\beta}{2}, \quad (6.32)$$

где β — угол маневрирования драги в забое, градусы.

Площадь поперечного сечения галечного отвала определяется по формуле

$$F_2 = B_3 \cdot (\mu_k H_{\text{раз}} + Z_n) \cdot \rho_2, \quad (6.33)$$

где $\rho_2 = 1,3 \div 1,45$ — коэффициент разрыхления галечных фракций в отвале.

Средняя высота галечного отвала —

$$h_{r.c.} = \frac{F_2}{S_{\text{рас}}}. \quad (6.34)$$

Высота гребня галечного отвала —

$$\Delta = 0,25 \cdot a_{\text{др}} \cdot \text{tg } \gamma_4, \quad (6.35)$$

где $\gamma_4 = 33 \div 42^\circ$ — угол откоса галечного отвала; $a_{\text{др}}$ — шаг драги, м.

Полная высота галечного отвала от уровня эфельного отвала

$$h_{r.o} = \Delta + h_{r.c}. \quad (6.36)$$

Общая высота дражных отвалов равна

$$h_{д.о} = h_{\phi.o} + h_{r.o} - h_{oc}, \quad (6.37)$$

где h_{oc} — осадка отвала ($h_{oc} = 0,4 \div 0,7$ при $H_{раз} = 20$ м), м.

7. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ДРАГИ

На предприятиях цветной металлургии по разработке континентальных россыпей золота, платины, алмазов и редких металлов дражные работы с использованием электрических многоковшовых драг занимают ведущее положение по объему добычи и обогащения песков. Современные многоковшовые драги с жесткой рамой представляют собой относительно сложные и дорогостоящие комплексы с высокой степенью механизации и поточности технологических процессов (добыча, обогащение, отвалообразование) и обеспечивают достижение наиболее высоких технико-экономических показателей по сравнению с другими способами разработки.

Многоковшовые драги целесообразно применять для разработки пород практически любой крепости и состава (от самых слабых до наиболее тяжелых наносных отложений) за исключением весьма валунистых и крепкоцементированных пород и вязких глин. Россыпи, охваченные многолетней мерзлотой, могут разрабатываться драгами, как правило, после предварительного их оттаивания.

Многочерпаковые драги пригодны для разработки как очень мелких континентальных и прибрежно-морских россыпей (глубина до 5 м), так и глубоких (глубина до 60 м). При этом плотик россыпи может быть представлен мягкими или крепкими скальными породами. В условиях континентальных россыпей предпочтительнее применять драги для разработки пород, способных удерживать в разрезе постоянный уровень воды, не-

обходимый для нормальной и безопасной работы драги. С увеличением обводненности и заболоченности эффективность применения драг возрастает. Драгами могут разрабатываться также маловодные и даже безводные россыпи, но при условии обеспечения водоснабжения. При этом для компенсации затрат на водоснабжение требуется повышенное содержание ценных компонентов в песках. Наиболее рационально многочерпаковые драги применять для разработки водоносных пойменных и больших ключевых россыпей с небольшим уклоном, а также морских и озерных россыпей большой мощности. Параметры россыпей, обеспечивающие благоприятные условия для ведения дражных работ, приведены в табл. 6.7. В благоприятных условиях драги обеспечивают наиболее высокие технико-экономические показатели и при разработке участков.

Таблица 6.7

Параметры россыпей при дражной разработке

Вместимость ковшей драги, л	Мощность россыпи без учета выемки торфов, м					Допустимый уклон долины	Минимальный приток свежей воды в дражный разрез, л/с	Максимальный размер встречающихся в россыпи валунов, мм
	Общая	Надводная	Подводная					
			Максимальная	Минимальная по условиям безопасной эксплуатации				
				летом	зимой			
80	7	1	6	2,4	2,9	0,025	50	300
150	10—11	2	8—9	2,6	3,4	0,02	100	400
250	15,5	3,5	12	3,3	4,2	0,015	150	600
380	34	4	30	4,3	5,1	0,01	200	800
400	19	2	17	4,7	5,6	0,01	200	900
600	60	10	50	5,7	7	0,01	250	1000

Примечание: при разработке россыпи с искусственным подтопом (вскрытие плотинами, перевалками) предельный уклон долины устанавливается проектом.

Часовая производительность драги при непрерывной работе и постоянной скорости движения черпаковой цепи определяется по формуле

$$Q_{\text{д.ч.}} = \frac{60 \cdot n_{\text{ч}} \cdot E_{\text{ч}} \cdot \eta_{\text{ч}}}{\rho}, \text{ м}^3, \quad (6.38)$$

где $n_{\text{ч}}$ — 20 ÷ 35 — число черпаний в минуту; $E_{\text{ч}}$ — вместимость черпака, м³; $\eta_{\text{ч}}$ — коэффициент, учитывающий наполнение черпаков (табл. 6.8 и 6.9); ρ — коэффициент разрыхления породы.

Таблица 6.8

Коэффициент наполнения черпаков драги

Породы	Черпаковая цепь	
	сплошная	прерывистая
Песок, супесь, неплотный чернозем	0,6—0,9	0,6—0,8
Легкие связные пески, легкий суглинок. Песок крупнозернистый с мелкой галькой. Мелкий песок, плотный растительный слой	0,9—1,05	0,8—0,9
Плотный глинистый песок, мелкий песок с галькой, глинистые породы средней плотности, мелкий щебень скальных пород	0,7—0,9	0,7—0,8
Сухая глина с валунами (до 10%), песок с крупными валунами, дресва	0,5—0,7	0,5—0,6
Глина с валунами (свыше 10%), песок с галькой, чешуйчатые мягкие сланцы, мерзлые песчаные породы	0,4—0,5	0,4
Примечание: в зимних условиях коэффициент наполнения черпаков уменьшается на 20—30 %		

Коэффициент наполнения черпаков драги

Половина угла маневрирования драги при отработке забоя на полную ширину, градусы	При отработке узлов забоя	Средний по забою
40	0,77	0,92
50	0,64	0,88
60	0,5	0,81
70	0,34	0,77
80	0,16	0,7
90	0	0,63

Суточная производительность драги определяется по формуле:

$$Q_{д.с} = 24 \cdot Q_{д.ч} \cdot k_{д.в}, \text{ м}^3, \quad (6.39)$$

где $k_{д.в}$ — коэффициент использования драги во времени (табл. 6.10),

$$k_{д.в} = \frac{T_{ч.р}}{24}; \quad (6.40)$$

$T_{ч.р}$ — время чистой работы драги в течение суток.

Коэффициент разрыхления пород по всей мощности отработываемого забоя определяется по формуле

$$\rho = \frac{(\rho' \cdot H' + \rho'' \cdot H'' + \rho''' \cdot H''')}{H_p + H'''}, \quad (6.41)$$

где ρ' , ρ'' , ρ''' — коэффициент разрыхления пород соответственно мягких, повышенной крепости и пород плотика; H' , H'' , H''' — выемочная мощность пород соответственно мягких, повышенной крепости и пород плотика при его задирке, м; H_p — полная (выемочная) мощность россыпи, м.

Средневзвешенный коэффициент наполнения черпаков определяется по формуле

Значение коэффициента $k_{д.в}$

Период работы драги	Средний Урал		Восточная Сибирь	
	Вместимость черпака драги, л			
	250	380	250	380
Март	0,75	0,77	—	—
Апрель	0,79	0,66	0,68	0,65
Май	0,86	0,75	0,77	0,74
Июнь	0,80	0,77	0,78	0,76
Июль	0,76	0,72	0,79	0,75
Август	0,73	0,76	0,64	0,75
Сентябрь	0,53	0,77	0,75	0,72
Октябрь	0,55	0,60	0,74	0,67
Ноябрь	0,63	0,83	0,70	0,62
Декабрь	0,52	0,70	0,61	0,47

$$\eta_{\text{ч}} = \frac{\rho \cdot (H_p + H''')}{\rho' \cdot \frac{H'}{\eta'_\text{ч}} + \rho'' \cdot \frac{H''}{\eta''_\text{ч}} + \rho''' \cdot \frac{H'''}{\eta'''_\text{ч}}}, \quad (6.42)$$

где η' , η'' , η''' — коэффициент наполнения черпаков соответственно при выемке пород мягких, повышенной крепости и пород плотика.

Суточная производительность драги в различных условиях разработки с учетом принятых параметров одинарного забоя, режимов слоевой выемки и организации добычных работ определяется по формуле:

$$O_{\text{д.с.}} = \frac{3600 \cdot V_6 \cdot H_p \cdot a_d \cdot T_{\text{ч.р.}} \cdot R_c \cdot \sin \frac{\beta}{2}}{0,0175 \cdot k_c \cdot R_c \cdot \frac{\beta}{2} + 30 \cdot V_6 \cdot (t_1 + k_2 \cdot t_2)}, \text{ м}^3, \quad (6.43)$$

где V_6 — скорость бокового перемещения драги вдоль забоя, м/с; a_d — шаг драги, м; β — рабочий угол маневрирования драги, градусы; 0,0175 — коэффициент перевода градусов в радианы.

ны; k_c — число слоев породы, срабатываемых черпаками при послынной отработке одного забоя; $t_1 = 6 \div 24$ — время на одно зашагивание, мин; $t_2 = 0,3 \div 1,2$ — простой драги в углах забоя при переходе к выемке лежащего ниже слоя породы, мин.

8. СПОСОБЫ ВСКРЫТИЯ И СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МНОГОЧЕРПАКОВЫМИ ДРАГАМИ

8.1. Способы вскрытия россыпей при дражной разработке

При проектировании дражной разработки выбор способа вскрытия россыпи и связанного с ним места строительства драги требует тщательного обоснования. Строительно-монтажная площадка выбирается с учетом возможного использования существующих коммуникаций. Выбор строительной площадки и места заложения выработок или сооружений (котлована, плотины) целесообразно осуществлять с учетом максимальной концентрации разведанного полезного ископаемого на участке, что позволит с первых же лет освоить россыпь при наиболее благоприятных экономических условиях, обеспечивающих возможность в кратчайший срок погасить основную часть капитальных затрат.

Вскрытие россыпи предопределяет важнейшие особенности технологии разработки и заключается в проведении специальных горных выработок (котлованов) или строительстве гидротехнических сооружений (плотин, перевалок), обеспечивающих возможность размещения драги в рабочем (плавучем) состоянии на горизонте залежи и доступа к промышленным пескам.

Различают следующие способы вскрытия: вскрытие котлованом в пойме; вскрытие котлованом с глубокой задиркой плотика; вскрытие котлованом на увале; вскрытие котлованом с водопонижающей канавой; вскрытие плотинами; вскрытие перемычками; независимое вскрытие горизонтов с использованием котлова-

нов, перемычек, плотин. При первых пяти способах россыпь разрабатывается одним уступом по полную мощность. Независимое вскрытие предопределяет разработку россыпи двумя или тремя отдельными уступами, из которых каждый вскрывается самостоятельным способом. Принятый порядок размещения выработок и сооружений вскрытия определяет последовательность подхода драги к отдельным участкам россыпи, т.е. обуславливает направление ее последующей разработки. Поэтому при всех способах вскрытия (за исключением вскрытия перемычками) различают следующие разновидности: вскрытие, при котором разработка россыпи принята вверх по долине; вскрытие, при котором разработка россыпи принята вниз по долине; вскрытие со смешанным направлением разработки россыпи.

Наибольшее применение нашли способы вскрытия котлованом и плотинами при различном их расположении относительно элементов долины и уровня воды в реке.

ВСКРЫТИЕ КОТЛОВАНОМ. При этом способе работы по вскрытию состоят из проходки котлована и последующего его расширения и углубления драгой до плотика. Вскрытие котлованом целесообразно применять в следующих условиях: на россыпях с относительно равномерным распределением металла, имеющих один четко выраженный и разобщенные пласты песков или металлоносные пропластки, близко расположенные к поверхности; на россыпях, залегающих в заболоченных поймах рек; на глубоких и средней мощности долинных россыпях с небольшим подъемом плотика и поверхности в сторону увалов долины при отсутствии на них резких возвышений и высоких отвалов; на русловых россыпях.

Котлован, образующий первоначальный разрез, может быть пройден в различных местах россыпи. Расположение котлована в нижней части россыпи и последующая ее разработка по восстановлению, создают, как правило, более благоприятные условия для эксплуатации драги и для отработки всей россыпи. В этом случае значительно упрощается процесс осветления воды и водоснабжения, так как сокращается утечка воды из разреза (особенно на россыпях, имеющих старые подземные выработки)

и появляется возможность регулирования утечки воды путем сооружения перемычек. Кроме того, при разработке россыпи по восстанию уменьшается естественная засоренность воды в разрезе, устраняется возможность подыливания забоя глинистыми хвостами и накопления шуги и льда в осенний период, так как встречный водный поток интенсивно выносит древесные остатки, различные взвеси и шугу, благодаря чему облегчается работа драги в разрезах, удаленных от русла реки. По этим причинам при разработке россыпи вверх по долине обеспечивается некоторое повышение производительности драг и уменьшение себестоимости 1 м³ песков. Однако на очень водоносных россыпях с уклоном долин менее 0,2 % и при средней или большой подводной мощности наносов преимущества разработки по восстанию становятся менее ощутимыми.

При разработке россыпи вниз по долине несколько уменьшается утечка воды из разреза (особенно на каменистых россыпях со значительным уклоном). Кроме того, при постройке плотин все подплотинные целики могут быть отработаны драгой и потери песков значительно уменьшаются. Такой порядок отработки русловых россыпей существенно облегчает работу драг в осенне-зимний период, так как представляется возможным отгораживать разрез дражными отвалами и задерживать проникновение в него шуги, а в предпусковой весенний период он упрощает работы по удалению из разреза льда.

Наибольшее применение на приисках получило расположение котлована в нижней части россыпи. На крупных водоносных россыпях, которые предполагается разрабатывать несколькими драгами, часто две драги собирают на одной строительно-монтажной площадке. В таких случаях котлован проходится в средней части россыпи. При этом одна драга разрабатывает часть россыпи по восстанию, а вторая — часть россыпи по падению.

При выборе места строительства драги необходимо всесторонне учитывать местные условия, способствующие более эффективному освоению россыпи, и стремиться к уменьшению затрат на транспортирование оборудования и материалов к месту

строительства путем расположения сборочной площадки ближе к путям сообщения, на проходку вскрывающих выработок или возведение сооружений (максимально используя рельеф местности, естественные его складки или старые горные выработки), на строительство жилого поселка, бытового комплекса, мастерских, линий электропередач и других коммуникаций (за счет более полного использования имеющихся вблизи действующих объектов), на сооружение плотин, задирку плотика, оттаивание многолетней мерзлоты и др. При этом котлованы и водозаборные устройства должны располагаться таким образом, чтобы обеспечивались незатопляемость строительной-монтажной площадки во время паводка и отработка участков россыпи с наиболее высоким содержанием ценного компонента в первые годы работы драги.

Россыпи, которые можно вскрыть только одним способом, встречаются редко. Доступ к определенным площадям россыпи может быть достигнут различными способами. При каждом способе требуются разные затраты и обеспечивается различное извлечение ценного компонента, а также различная производительность драги. Поэтому выбор места заложения котлована, а также вскрывающих выработок и сооружений должен производиться путем всестороннего технико-экономического анализа всех вариантов. При этом предпочтение отдается наиболее эффективному из них. Если условия залегания россыпи не позволяют ясно выявить преимущества того или иного способа вскрытия, то сопоставление вариантов необходимо производить по всем основным показателям, т.е. по абсолютным и удельным затратам, годовой производительности драги по горной массе и металлу, себестоимости 1 м³ песков и 1 г металла.

При вскрытии котлованом россыпь разрабатывается с валовой выемкой всех пород. Это приводит к увеличению загрязненности воды дражного разреза. Такой способ вскрытия целесообразно применять при наличии на разрабатываемой площади отвалов переработанных ранее пород. При вскрытии котлованом возможность подхода драги к горизонтам залежи определяется максимальной надводной высотой борта разреза и мини-

мальной подводной глубиной черпания. Поэтому конструктивные размеры драги должны увязываться с элементами залегания россыпи.

Если подводная глубина россыпи недостаточна, то применяется вскрытие с глубокой задиркой плотика. Задирка плотика вызывает разубоживание песков и снижает производительность драги, однако при этом не увеличивается загрязнение сточных вод. Способ вскрытия котлованом на увале применяется при разработке террасовых и древних (погребенных) россыпей, расположенных на водоразделах. Применение его связано с подачей в разрез воды насосами и оставлением предохранительного целика.

При вскрытии россыпи котлованом его размеры в плане должны обеспечивать возможность разворота понтона на 180° в процессе монтажа драги и свободное маневрирование ее при переходе к добычным работам. Глубина должна обеспечивать нормальное всплытие понтона при меженном уровне воды в долине, удаление городков стапеля из-под днища и последующую безопасную углубку разреза драгой. Размеры котлована определяются по следующим формулам:

длина котлована (по дну)

$$l_k = R_k + (l_x - IO) + l_6, \text{ м}; \quad (6.44)$$

ширина котлована (по дну)

$$b_k = \sqrt{D^2 + III^2} + 2 \cdot l_6, \text{ м}; \quad (6.45)$$

глубина котлована

$$h_k = H_1 + h'_k = H_1 + (h_{oc} + h_c + l_r), \text{ м}, \quad (6.46)$$

где R_k — радиус черпания драги да уровне дна котлована, м,

$$R_k = D + IO - \Gamma + \sqrt{(A + r)^2 - (B + h_n + h_c + l_r)^2}; \quad (6.47)$$

D — длина понтона, м; IO — расстояние от кормы понтона до оси свай, м; Γ — расстояние от носа понтона до оси верхнего черпакового барабана, м; A — длина черпаковой рамы между

осями верхнего и нижнего черпаковых барабанов, м; r — радиус резания пород на нижнем черпаковом барабане, м; B — высота установки верхнего черпакового барабана над палубой понтона, м; h_{Π} — высота бортов понтона, м; $Ш$ — ширина понтона в корме, м; l_x — длина хвостовых колод, м; $l_6 = 1,5 \div 3$ — безопасный зазор между понтоном и бортом котлована, м; H_1 — высота надводного борта россыпи, м; h'_k — глубина котлована ниже уровня воды в долине, м; h_{oc} — высота осадки понтона, м; $h_c = 0,9 \div 1,2$ — высота стапеля, м; $l_r = 0,5 \div 0,8$ — запасная глубина, м.

При сборке понтона драги на поверхности россыпи с применением спусковых устройств (склизней) котлован проходит меньшей глубины. Зазор между днищем понтона (на плаву) и нижней плоскостью котлована должен быть в пределах 1—1,7 м (в зависимости от мощности драги). Размеры котлована для вскрытия россыпи и строительства драг различной мощности приведены в табл. 6.11. Для сборки и монтажа понтона вместо спусковых устройств может применяться вспомогательный котлован, представляющий собой прирезку, примыкающую уступом к основному котловану. По размерам он несколько больше понтона и расположен в зоне действия монтажного крана. Глубина его равна 0,6—0,7 глубины основного котлована. На уступе сооружается стапель и производится сборка понтона, по завершению которой котлован затопляется водой, и происходит естественное всплытие понтона. После этого понтон переводится в основной котлован, где завершается сборка драги до полной ее готовности. Такая технология монтажа позволяет существенно упростить организацию, удешевить и ускорить строительство драги (рис. 6.8).

Проходка основного и вспомогательного котлованов осуществляется экскаватором в комплексе с автосамосвалами.

ВСКРЫТИЕ РОССЫПИ ПЛОТИНАМИ (рис. 6.9). В этом случае сборка драги осуществляется на поверхности россыпи ближе к увальной части долины. Для сборки понтона устраиваются специально спланированные площадки, размеры которых приведены в табл. 6.11.

Размеры площадок для сборки драг

Показатели	Драги					
	80Д	150Д	250Д	ОМ-431М	ОМ-417 (проект)	600-Д
Вместимость ковшей, л	80	150	250	380	400	600
Размеры понтона, м:						
длина	24	36	42,8	62	52,8	112,8
ширина	12	17	18,8	24	24	32,6
высота борта	2,25	2,6	3	3,5	3,8	5
Глубина осадки драги в рабочем состоянии, м	1,75	1,8	2	2,7	2,9	3,7
Размеры первичного котлована при вскрытии россыпи котлованом, м:						
длина	40	50	60	97	70	145
ширина	30	40	50	75	60	120
глубина ниже уровня воды	2,4	2,6	3,3	4,3	4,7	5,7
Размеры сборочной площадки при вскрытии россыпи плотинами, м:						
длина	60	70	90	130	100	190
ширина	50	60	75	95	80	140
Уровень подъема воды над площадкой (минимальный)	2,9	3,4	4,2	5,1	5,6	7

Первоначальный разрез для работы драги создается путем сооружения плотины, перегораживающей долину реки, и подъема уровня воды выше меженного горизонта на 2—11 м. Вследствие этого драге обеспечивается свободный доступ к площадям с возвышенным плотиком, который может располагаться значительно выше уровня воды в долине. Кроме того, создаются бла-

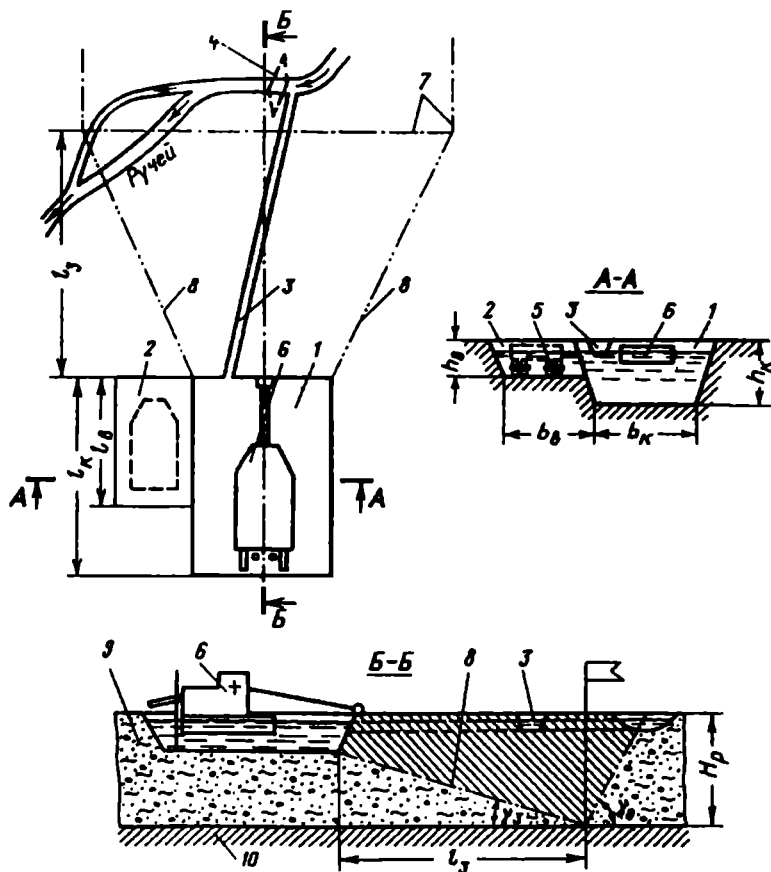


Рис. 6.8. Схема вскрытия россыпи котлованом:

1, 2 — соответственно основной и вспомогательный котлованы; 3 — водопроводящая канава; 4 — водоподпорная дамба; 5 — стпель для сборки понтона; 6 — драга; 7 — контур промышленных запасов; 8 — граница углубки забоя до плотика россыпи; 9 — насосы; 10 — плотик россыпи

благоприятные условия для отработки участков россыпи со значительной надводной мощностью. Плотины состоят из земляной насыпи и деревянного водослива для регулирования подъема уровня воды. Высота подъема драги и уровня воды в долине принимается максимальной по условиям осадки понтона и параметров отвального оборудования.

Необходимая высота подъема воды для обеспечения доступа к промышленным площадям по разведочной линии определяется по формуле

$$h_b = (H_m + H_d) - L_d \cdot \sin \alpha, \text{ м}, \quad (6.48)$$

где H_m — высота подъема воды плотиной относительно меженного уровня, м; H_d — высота дополнительного подъема от подпора воды на протяжении расстояния доступа, м; L_d — расстояние, на которое обеспечивается доступ драге, м,

$$L_d = (H_m + H_d - h_b) / \sin \alpha; \quad (6.49)$$

α — угол падения долины, градусы.

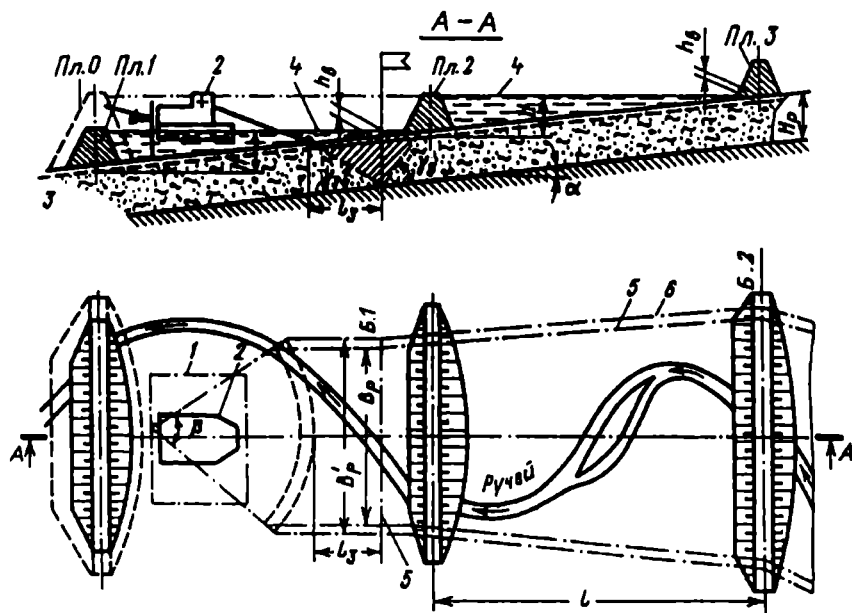


Рис. 6.9. Схема вскрытия россыпи плотинами:

1 — сборочная площадка; 2 — драга; 3 — уровень воды в реке; 4 — необходимый уровень подъема воды; 5, 6 — контур промышленных запасов соответственно по плотнику и поверхности россыпи; Пл.0, Пл.1, Пл.3 — водоподпорные (вскрывающие) плотины с регулируемым водосливом; Б.1, Б.2 — буровые разведочные линии

Плотины могут успешно использоваться как на маловодных, так и на многоводных россыпях при секундном расходе воды в реке от 15 л до 400 м³. При небольшой ширине поймы и больших углах откосов увалов целесообразно строить более высокие плотины. Уклон долины не влияет на рациональную высоту подъема воды, однако он в значительной степени предопределяет расстояние доступа. Чем больше уклон долины, тем при прочих равных условиях на меньшее расстояние будет обеспечен доступ драг к промышленным площадям россыпи. Высота и число сооруженных на одной россыпи плотин влияют на затраты по их возведению. С увеличением высоты плотины объем земляных работ и затраты на укладку тела плотины возрастают. Однако суммарные и удельные затраты на сооружение водосливов и освоение строительных площадок при этом уменьшаются. При значительных затратах на сооружение водослива (вследствие большой водоносности реки и трудоемкости его строительства), а также при уменьшении затрат на 1 м³ земляных работ целесообразно применять более высокие плотины, чтобы число их на россыпи было минимальным.

Для удешевления строительства плотин следует стремиться к тому, чтобы плотины располагались на линиях, требующих для обеспечения доступа максимальной высоты подъема драги, а разведочные линии, на которых необходима максимальная высота подъема, должны быть выше плотины и возможно ближе к ней. Проектные размеры тела плотины зависят от физикомеханических свойств отсыпаемых пород и высоты подъема воды на плотине. Земляное тело плотины отсыпается бульдозерами, колесными скреперами, экскаваторами в комплексе с автосамосвалами и гидравлическим способом.

Наибольшее применение на приисках нашел деревянный водослив с щитовым затвором и ряжевými устоями на свайном основании с двумя шпунтовыми рядами по внешней линии понура или на скальном основании. При сроке службы плотин до года применяются водосливы стоечно-обшивочного типа с облегченными устоями.

Порядок расчета и применения земляных плотин различных типов и организация работ по их строительству регламентируются действующими строительными нормами и правилами.

С целью создания достаточного количества вскрытых запасов строительство плотин на талых россыпях следует производить с опережением на 3—12 мес. Запоздывание в сооружении плотин, как правило, приводит к необходимости применения глубокой задиры плотика или строительства перемычек, что снижает эффективность разработки россыпи и вынуждает оставлять в бортах целики с промышленным содержанием ценного компонента. На многолетнемерзлых россыпях, при естественном оттаивании пород путем затопления полигона водой, плотины следует сооружать с большим опережением, чтобы к моменту подхода драги мерзлота на участках подтока успела полностью оттаять.

Применение плотин позволяет более полно отрабатывать промышленные запасы, так как в этом случае могут быть дополнительно освоены площади полигона с малой подводной глубиной россыпи и плотиком, возвышающимся на 2—6 м выше меженного уровня воды в реке, а также площади с надводной мощностью россыпи до 10 м. Подъем уровня воды значительно облегчает выемку песков с бортовых площадей, так как при этом уменьшаются величина врезания драги в увалы и объем задиры плотика. Кроме того, при возведении плотин часть поверхности полигона затопляется и глубина промерзания в зимнее время уменьшается, а при наличии многолетнемерзлых участков интенсивность их оттаивания увеличивается. Это вызывает увеличение коэффициента наполнения черпаков и среднесезонной производительности драги. Увеличивается также продолжительность сезона добычных работ, так как затопление значительных площадей облегчает зимнюю эксплуатацию драги (особенно, когда в реке мало воды). При хорошей организации работ уменьшаются простои, связанные с переносом маневровых канатов и силового кабеля, и засоренность технологической воды, а коэффициент извлечения металла при обогащении возрастает, что, в большинстве случаев, обеспечивает снижение себестоимости полезного ископаемого.

8.2. Системы дражной разработки россыпей

Система разработки определяет организацию, порядок и направление ведения драгой очистного забоя. Главными отличительными признаками системы разработки являются число одновременно действующих забоев в разрезе одной драги и необходимость оставления целиков с целью уменьшения эксплуатационных затрат. Подчиненным отличительным признаком системы разработки является принятое перемещение рабочего борта разреза относительно оси долины (поперек или вдоль нее). Различают следующие системы разработки.

1. Система разработки с одинарным забоем (с узким разрезом): одинарно-продольная и одинарно-поперечная (рис. 6.10).
2. Система со смежными забоями (двумя и более) — системы с широким разрезом: смежно-продольная, смежно-поперечная (рис. 6.11).
3. Системы разработки с оставлением целиков: продольная и поперечная с оставлением целиков (рис. 6.12).

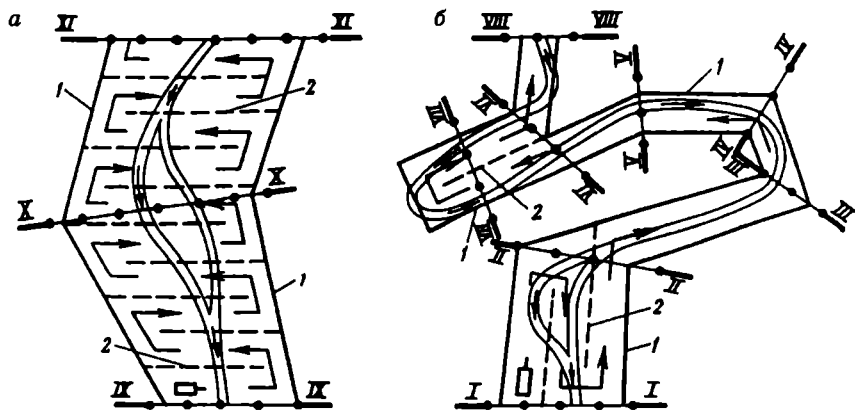


Рис. 6.10. Схемы одинарно-поперечной (а) и одинарно-продольной (б) систем разработки россыпей с узким разрезом:
I—I—XI—XI — буровые разведочные линии; 1 — промышленный контур полигона; 2 — границы одинарного забоя

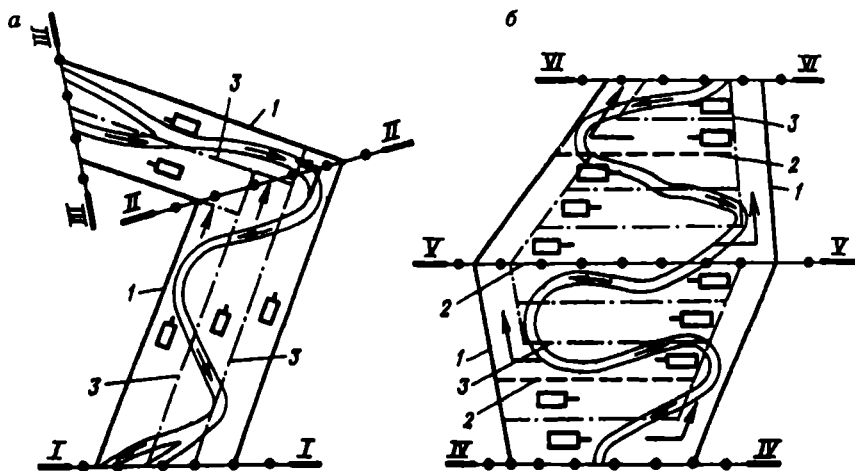


Рис. 6.11. Схемы смежно-продольной (а) и смежно-поперечной (б) систем разработки россыпей с широким разрезом:

1—1—IV—IV — буровые разведочные линии; *1* — промышленный контур полигона; *2* — граница смежного хода; *3* — граница смежного забоя

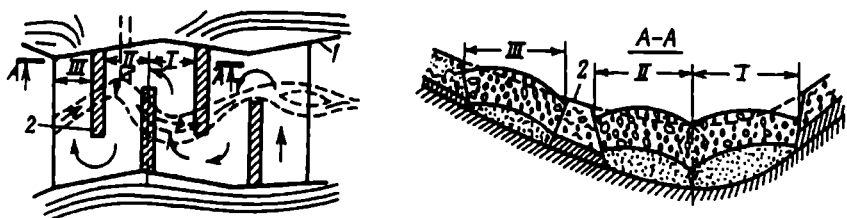


Рис. 6.12. Схема систем разработки россыпи с оставлением целиков:

1 — промышленный контур полигона; *2* — целик; *I, II, III* — поперечные ходы драги

На приисках применяются различные сочетания систем разработки, позволяющие в определенных условиях освоить россыпь с наибольшим эффектом. При применении систем разработки со смежными забоями продвижение каждого из них должно чередоваться в такой последовательности, чтобы драга имела возможность свободного перехода из одного смежного забоя в другой. В связи с этим В.Г. Пешковым предложена следующая формула для определения опережения смежного забоя:

$$d \leq \sqrt{(L_p + r_p)^2 - (h_6 + h_{\Pi})^2} - (L_H + l_{\text{без}}), \text{ м}, \quad (6.50)$$

где L_p — длина черпаковой рамы, м; r_p — радиус резания пород на нижнем черпаковом барабане, м; h_6 — высота установки верхнего черпакового барабана над палубой понтона, м; h_{Π} — высота сухого борта понтона, м; L_H — расстояние от носа понтона до оси верхнего черпакового барабана, м; $l_{\text{без}} = 0,4 \div 0,8$ — безопасный зазор между нижним краем черпаковой рамы (козырьком черпака) и поверхностью откоса забоя, м.

Каждая из отмеченных выше систем разработки имеет свои достоинства и недостатки. Условия применения каждой системы разработки должны обеспечивать наилучшие показатели очистной выемки песков. Так, при одинарно-поперечной системе разработки драга производит выемку продуктивных пород только в одном забое, продвижение которого осуществляется поперек долины. После завершения одного хода до границы контура промышленных запасов драга начинает новую заходку. Для этого она делает два разворота на 90° и отрабатывает новую заходку в обратном направлении. Такой порядок отработки не только упрощает эксплуатацию драги и организацию выполнения береговых работ (не требует сложных схем разности бортовых маневровых канатов, растяжек и закладки мертвяков, облегчает доставку на драгу необходимых материалов и топлива, создает условия для строительства плотин и борьбы с шугой), но и обеспечивает наиболее полную выемку песков, выявленных за контуром полигона, нанесенным приближенно из-за недостаточной разведанности россыпи. Применение этой системы разработки предпочтительно на широких россыпях (шириной 200 м и более), где развороты драги приходится делать редко.

При одинарно-продольной системе разработки выемка пород осуществляется драгой также в одном забое, который перемещается вдоль долины. В этом случае узкие россыпи отрабатываются одним ходом, а широкие — несколькими ходами. Одинарные ходы принимаются оптимальной ширины, чтобы обеспечить высокую производительность драги и сохранить принятое направление отработки россыпи относительно паде-

ния долины. Для россыпей с выдержанной шириной контуров число одинарных продольных ходов устанавливается из условия создания благоприятных условий для высокопроизводительной эксплуатации драги и ее демонтажа (при завершении разработки данной россыпи) на участке с освоенными транспортными связями. Данная система разработки позволяет аналогично одинарно-поперечной системе упростить организацию очистных и вспомогательных работ по маневрированию драги, уборке льда и водоснабжению разреза. Однако на широких участках полигона возникает возможность потерь песков в межходовых целиках, осложняются выявление и отработка законтурных площадей с промышленным содержанием и увеличивается объем работ по наращиванию линий электропередач, связи и подъездных путей.

При системах разработки со смежными забоями драга производит выемку пород последовательно в одном из 2—5 смежно расположенных забоев, каждый из которых подвигается со строго ограниченным опережением по отношению к забою, подлежащему очередной отработке. Последовательность разворотов драги на 90° и порядок нарезки забоев при изменении направления первоначальных ходов осуществляется так, как показано на рис. 6.12. При системах разработки со смежными забоями общая ширина дражного разреза складывается из суммарной длины нескольких одинарных забоев, рабочие параметры каждого из которых с точки зрения обеспечения условий высокопроизводительной работы драги должны соответствовать рациональным размерам с учетом исключения потерь песков в межзабойных (межходовых) целиках и сокращения разубоживания их в процессе выемки.

Работа драги в смежных забоях сопряжена с рядом технических трудностей, так как в этом случае общая ширина дражного разреза значительно увеличивается. Так, для перемещения драги из одного забоя в другой и выемки пород в каждом из рабочих забоев драга должна быть оснащена всеми четырьмя канатами, длина которых должна обеспечивать нормальное маневрирова-

ние драги в разрезе большой ширины. Значительно усложняется организация береговых работ по разноске и креплению береговых растяжек и мертвяков, по переноске и размещению в разрезе (особенно в осенне-зимних условиях) высоковольтного берегового кабеля и подвесной линии связи, а также резко возрастает объем льдуборочных работ. Кроме того, при системах со смежными забоями затрудняется выемка песков, выявленных за границей промышленного контура, и усложняется сооружение водоподпорных перемычек по дражным отвалам вследствие наличия между ними протоков и повышенной фильтрации. Поэтому не следует применять системы разработки с числом смежных забоев более 2—3, если это не вызывается особыми горно-геологическими условиями отдельных участков россыпи.

Системы разработки с оставлением целиков применяются весьма редко, что объясняется значительными потерями песков в межходовых целиках. Они применяются в условиях, когда оставление целиков позволяет существенно уменьшить дополнительные затраты на удержание воды в разрезе либо создать другие важные технологические преимущества.

Выбор наиболее рациональной системы разработки должен производиться на основании тщательного технико-экономического анализа рассматриваемых вариантов с учетом комплекса факторов, влияющих на эффективность применения каждой системы разработки в конкретных условиях.

Добычные работы на дражных разработках являются заключительной стадией комплекса горных работ, связанных с промышленным освоением россыпи. Так как технологический процесс выемки полезного ископаемого носит поточный характер и все операции выполняются одной машиной — драгой, то добычные работы оказывают решающее влияние на показатели разработки. Поэтому добычные работы должны быть организованы таким образом, чтобы обеспечивались максимальная производительность драги, требуемая полнота извлечения промышленных запасов (при минимальном разубоживании полезного ископаемого) и минимальные затраты на разработку россыпи.

В процессе производства добычных работ драга осуществляет выемку продуктивных пород (песков), их подъем к промывочно-обогастительному оборудованию, промывку и извлечение ценных компонентов, а также укладку хвостов промывки в выработанное пространство. Все эти работы, а также работы на берегу по обслуживанию драги и обеспечению благоприятных условий для производительной ее эксплуатации (закладка мертвяков-якорей, переноска береговых блоков, растяжек, силового кабеля, уборка из разреза крепи, льда, шуги, рыхление мерзлоты и крупных валунов, обнаруженных на поверхности забоя и под водой, доставка топлива, смазочных материалов, запасных частей и сменного оборудования) относятся к комплексу добычных работ. На технологию добычных работ оказывают влияние следующие факторы: способ крепления и разноски бортовых маневровых канатов на берегу, порядок маневрирования и зашагивания драги, способ укладки хвостов промывки в выработанное пространство, организация работ по уборке из разреза льда, крепи, рыхлению мерзлоты и взрыванию валунов.

8.3. Элементы системы разработки

Подача драги, папильонирующей со сваями (рис. 6.13), определяется по формуле

$$a = \frac{E \cdot n \cdot k_n}{60 \cdot V_6 \cdot h_c \cdot \rho}, \quad (6.51)$$

где E — емкость черпаков, л; n — число черпаков, проходящих через верхний черпаковый барабан, в минуту; k_n — коэффициент наполнения черпаков; V_6 — скорость бокового перемещения драги вдоль забоя, м/с; ρ — коэффициент разрыхления породы; h_c — величина послынного опускания черпаковой рамы, м.

Предельно допустимый шаг драги определяется по формуле

$$a = (1,8 + 2,8) \cdot r, \text{ м}, \quad (6.52)$$

где r — радиус резания пород на нижнем черпаковом барабане, м.

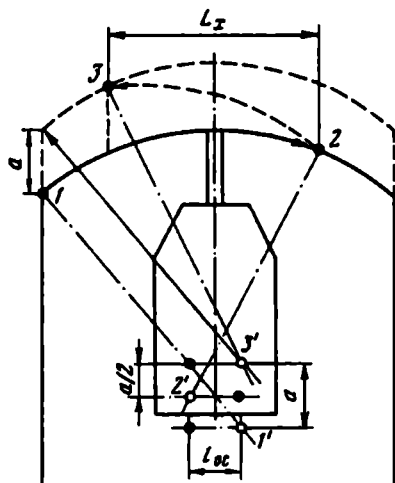


Рис. 6.13. Схема зашагивания драги на новый забой:
 $1-1'$, $2-2'$, $3-3'$ — положения оси драги в процессе зашагивания; $l_{ос}$ — расстояние между осями свай; L_x — длина хорды поворота

Таблица 6.12

Величина шага драг

Драга	Вместимость ковшей, л	Предельная подводная глубина черпания, м	Значение шага, м	
			максимальное по конструктивным возможностям	рациональное по условиям полноты выемки пород
80Д	80	6	3,5	2—3
150Д	150	9	4,5	2,5—4
250Д	250	12	5,5	3—5
ОМ-431	380	30	7,5	4—6
600Д	600	50	10	4,5—7

В табл. 6.12 приведены предельные значения величины шага различных свайных драг на один забой (по В.Г. Лешкову).

При дражной разработке россыпи ширина одинарной заходки (забой) оказывает существенное влияние на производительность драги. Допустимая минимальная ширина одинарной заходки позволяет уменьшить, а иногда и полностью избежать

разубоживание песков бортовыми породами. Однако конструктивные параметры свайных драг не всегда позволяют вести выемку пород заходками очень малой ширины. Поэтому, с целью исключения выклинивания забоя, необходимо принимать такой минимальный угол маневрирования драги, при котором в процессе отработки углов забоя создается достаточный и безопасный зазор на уровне днища между скуловым угольником понтона и краями бортовых выступов разреза (рис. 6.14).

Если россыпь характеризуется выдержанностью параметров залегания и представлена породами нормальной валуистости (каменистости) при относительно ровном рельефе плотика, то минимальная ширина одинарной заходки должна устанавливаться из условия обеспечения полноты выемки при заданном угле маневрирования.

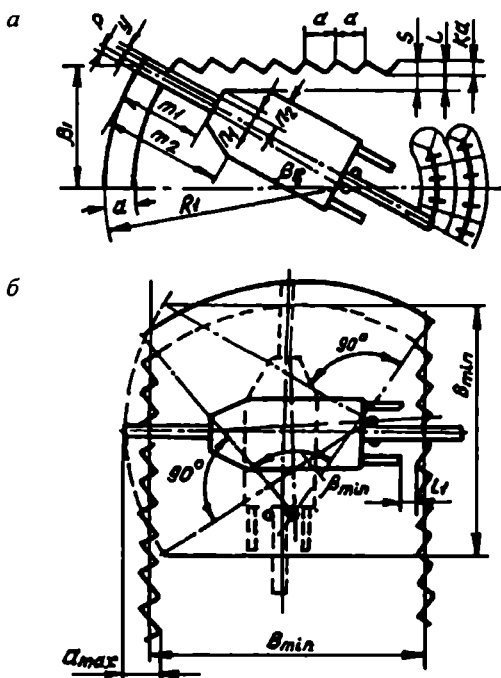


Рис. 6.14. Схема положения драги в разрезе:

а — при отработке угла забоя; *б* — при развороте на угол 90°

Если россыпь валунистая или имеет большие подъемы плотка, то допустимую минимальную ширину одинарной заходки следует устанавливать из условия обеспечения возможности разворота драги в разрезе на 90 и 180°, чтобы в случае необходимости можно было обойти такие участки.

Методика расчета

Задаются следующие параметры:

$N_{\text{под}}$ — предельная подводная мощность россыпи, м;

$$N_{\text{общ}} \text{ — общая мощность россыпи, м;}$$

S_d — величина зашагивания драги на один забой, м;

конструктивные параметры драги (табл. 6.13, рис. 6.15).

1. Определяется радиус черпания драги:

на уровне днища понтона

$$R_{\text{пон}} = D + IO - l_{\text{пон}} + \sqrt{(A_p + R_{\text{ниж}})^2 \cdot (B + h_{\text{сук}} + O)^2}; \quad (6.53)$$

по поверхности россыпи

$$R_{\text{roc}} = D + KO - l_{\text{пони}} + \sqrt{(A_p + R_{\text{ниж}})^2 - (B + h_{\text{сук}} + H_{\text{под}} - H_{\text{общ}})^2}; \quad (6.54)$$

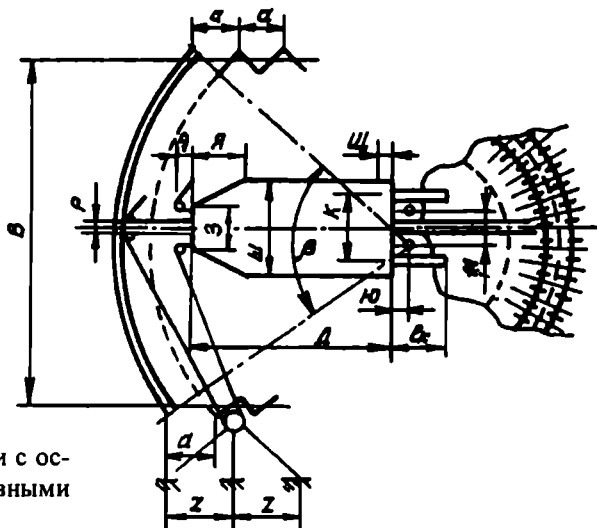


Рис. 6.15. Схема драги с основными конструктивными размерами

Основные конструктивные размеры многочерпаковых драг отечественного производства

Показатели	Условные обозначения	Модель драги						
		80Д	150Д	250Д; 250ДШ	250ДУ	ОМ-431	ОМ-417	600Д
Вместимость черпака, л	E	80	150	250	250	380	400	600
Наибольшая подводная глубина черпания, м	H_1	6	8-9	12	12	30	17	50
Наибольшая высота надводного борта россыпи, срабатываемая черпаками, м	H_2	1	2	3,5	3	4	1	10
Количество черпаний	n	14-32	21-30	До 35	До 35	22	18-28	18-22
Размеры черпака, мм:								
высота	$h_{\text{ч}}$	650	872	1057	900	1230	1265	1440
шаг	$t_{\text{ч}}$	540	712	835	1050	1040	1040	1150
Радиус черпания на нижнем барабане, м	r	1,1	1,4	1,7	1,8	2,1	2,1	2,4
Ширина режущей части черпака, мм	p	650	1000	1070	1100	1290	1325	1680
Длина черпаковой рамы, между осями барабанов, м	A	17	23,7	31,7	31,5	58	41	92

Показатели	Условные обозначения	Модель драги						
		80Д	150Д	250Д; 250ДШ	250ДУ	OM-431	OM-417	600Д
Расстояние от верхнего свайного понтона, м	—	5,85	6,5	7,6	10,3	11,3	11,5	14,5
Наибольшая подводная длина свай, м	C ₁	5	7	9,4	9	12,4	9	10,9
Расстояние между сваями, м	M	3,2	4,5	5,2	5,2	5,7	6	8
Длина наконечника свай, м	L _c	1	1	1,7	2,4	3,05	3,05	3,2
Расстояние от оси понтона до оси свай, м	KO	0,7	0,96	0,95	1,4	1,23	1,5	1,75
Длина отвалопрообразователя (стакера) от оси опоры до оси верхнего барабана, м	T	21,2	26	33,2	32,3	64,8	51	90
Высота установки оси нижнего барабана (опоры) стакера над палубой понтона, м	Ж	1	1,7	1,6	2,1	1,65	3,6	2,1
Расстояние от кормы понтона до оси опоры стакера, м	L	2,9	3	4,4	3,6	4,8	4,8	3

Рабочий угол наклона рамы стакера, градусы	ω	18	18	16	16	18	16	18	18	18
Толщина рамы отвалообразователя у верхнего барабана, м	∂	0,6	0,8	1,3	1,3	0,8	1,3	0,8	1,4	1,5
Длина кормовых колод, м	l_k	6	6,7	10	8,8	11,5	17,2	11,5	17	15
Ширина установки кормовых колод, м	K	11,3	15,9	17,4	17,2	22,6	22,6	22,6	22	30,8
Расстояние между краевой точкой режущей части черпака и торцевой крышковой подпильника нижнего черпакового барабана, м	$У$	0,2	0,6	0,6	0,8	0,85	0,8	0,85	0,86	0,95
Расстояние от оси н.ч.б. до рыма крепления носового каната к черпаковой раме, м	f	0,9	1,8	2,2	1,2	2,7	1,2	2,7	3,5	3,05
Расстояние от носа понтона до центра носового ролика бегущего такелажа, м	L_p	0,3	0,35	0,7	0,6	0,9	0,6	0,9	0,9	1,6
Радиус носового ролика, м	r_p	0,25	0,25	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Расстояние от носа понтона до точки схода маневрового каната с носового ролика, м	P_1	0,55	0,6	1	1	1,3	1	1,3	1,4	1,55

по плотнику россыпи

$$R_{\text{пл}} = D + IO - l_{\text{пон}} + \sqrt{A_p^2 - (B + h_{\text{сух}} + H_{\text{общ}} - R_{\text{ниж}})^2}, \quad (6.55)$$

где D — длина понтона, м; IO — расстояние от оси понтона до оси свай, м; O — величина осадки понтона, м.

2. Определяются исходные значения по формуле

$$S = l_6 + S_d \cdot k_{\text{бор}}, \quad (6.56)$$

где l_6 — безопасный зазор на уровне днища понтона,

$$l_6 = (0,1 \div 0,2) \cdot H_{\text{под}}, \quad (6.57)$$

где $H_{\text{под}}$ — подводная мощность россыпи, м; $k_{\text{бор}} = 0,38 \div 0,49$ — коэффициент, учитывающий высоту бортового зуба дражного разреза.

3. Определяются величины m_1 и n_1 (см. рис. 6.14) по формулам:

$$m_1 = R_{\text{пон}} \cdot (D + IO); \quad (6.58)$$

$$n_1 = 0,5 \cdot (\mathcal{E} - p - 2y). \quad (6.59)$$

4. Определяются величины m_2 и n_2 по формулам:

$$m_2 = R_{\text{пон}} - (D + IO - Я); \quad (6.60)$$

$$n_2 = 0,5 \cdot (Ш - p - 2y). \quad (6.61)$$

Значения величин, входящих в формулы (6.56) — (6.59), даны в табл. 6.13.

5. Определяется минимальный рабочий угол маневрирования драги (см. рис. 6.14) по формуле (вместо m и n в формулу поочередно подставляются значения m_1 , n_1 и m_2 , n_2):

$$\beta_{\min} = 16,7 \cdot \sqrt{100 \cdot \left[1 - \frac{m \cdot \sqrt{m^2 + n^2 - S^2} - n \cdot S}{m^2 + n^2} \right]}. \quad (6.62)$$

Окончательно принимается большее значение угла $\beta_{\min}$.

6. Определяется допустимая, по условиям нормальной эксплуатации драги и полноты выемки песков, ширина одинарной заходки:

по поверхности россыпи

$$B_{\min} = 2 \cdot R_{\text{roc}} \cdot \sin \frac{\beta_{\min}}{2}; \quad (6.63)$$

по плотике россыпи:

$$B_{\min} = 2 \cdot R_{\text{пл}} \cdot \sin \frac{\beta_{\min}}{2}. \quad (6.64)$$

7. Определяется минимальная ширина одинарной заходки драги из условия возможности ее разворота в разрезе на угол 90° (см. рис. 6.14):

по поверхности россыпи

$$B_{\min} = R_{\text{roc}} + I_{\text{x.k}} + I_6 - (S_{\text{л max}} + IO); \quad (6.65)$$

по плотике россыпи

$$B_{\min} = R_{\text{пл}} + I_{\text{x.k}} + I_6 - (S_{\text{л max}} + IO).$$

Окончательно принимается большее значение $B_{\min}$.

Наивыгоднейшая ширина одинарной заходки устанавливается из условия достижения максимальной производительности драги по горной массе. Однако возможны случаи, когда ширина заходки не совпадает с шириной промышленной части россыпи. В этом случае при установлении наивыгоднейшей ширины заходки недостаточно учитывать только суточную производительность драги, так как основное влияние на выбор ширины заходки будет оказывать количество суточного намыва металла. В таком случае необходимо выбрать такую ширину заходки, при которой разубоживание будет минимальным и сократятся потери металла в бортах россыпи.

8.4. Эксплуатационные потери и разубоживание песков при дражной разработке

ПОТЕРИ В ПЛОТИКЕ РОССЫПИ. В случае разработки россыпей мощностью более 15 м траектория перемещения зерен металла из верхних горизонтов будет соответствовать линии забоя, оконтуриваемой черпаковой цепью драги. Так как эта траектория пологая и имеет значительную длину, то вероятная скорость перемещения зерен металла будет небольшой. В таких условиях наиболее полное извлечение металла из забоя будет достигаться при наличии в нижней части глинистых пород, заполняющих трещины разрушенного плотика. Поэтому следует считать, что для таких россыпей потери в забое при черпании металлоносных пород не являются значительными.

ПОТЕРИ В ЗАПАДЕНИЯХ ПЛОТИКА. Этот вид потерь образуется в основном вследствие неполной выемки драгой промышленных песков из-за крепкого трещиноватого плотика и недостаточной мощности драги, наличия неровностей и западных плотика. На потери металла, в западениях плотика, влияют форма западений, их размер и положение относительно оси нижнего черпакового барабана, шаг драги, угол наклон, черпаковой рамы и конфигурация отрезка черпаковой цепи (называемого шлейфом), соприкасающегося с забойной площадкой. Западения любой формы могут быть полностью или частично отработаны драгой, если они своевременно обнаружены и имеют размеры, обеспечивающие нормальную работу черпающего аппарата. В процессе отработки забоя необходимо производить качественную зачистку плотика с обязательным опробованием пород и определением среднего содержания металла, осуществлять (при наличии резких западений с большим объемом песков) регулирование уровня воды в дражном разрезе с целью обеспечения выемки песков из наиболее глубокой части западения.

ПОТЕРИ В МЕЖШАГОВЫХ ЦЕЛИКАХ. При отработке плотиковой части россыпи в зависимости от особенностей вы-

емки и крепости пород на плотике образуются межшаговые целики. Объем этих целиков определяется площадью поперечного сечения и шириной разреза, которые зависят от величины зашагивания, глубины черпания, мощности драги, физико-механических свойств разрабатываемых пород, необходимой глубины задиры плотика.

При рациональном режиме зачистки забоя, когда задира плотных коренных пород своевременно прекращается и производится только зачистка плотика волочащимися черпаками, потери песков в межшаговом целике могут полностью отсутствовать, а разубоживание достигнет наименьших размеров.

Расчеты показывают, что потери песков в межшаговых целиках изменяются в пределах 0,58 — 1,95 %, а потери металла — в пределах 0,81—5,63 %.

ПОТЕРИ В МЕЖХОДОВЫХ ЦЕЛИКАХ. Межходовые целики, как правило, образуются при ведении смежного хода, в случае, когда драгер, визуальнo ориентируясь на видимый борт дражного разреза или на отвалы предыдущего хода, не полностью учитывает фактическое значение угла откоса борта разреза и оставляет на плотике россыпи целики песков с промышленным содержанием, которые полностью теряются. Большое влияние на размеры их оказывают рабочая ширина одинарного забоя на уровне почвы россыпи, глубина черпания. С целью сокращения потерь в межходовых целиках на драгах объединения Якутзолото практикуется перекрытие ранее отработанных двух ходов смежным рабочим ходом на расстояние от 6,5 до 9,5 м по поверхности россыпи. Это позволяет существенно снизить эксплуатационные потери песков в межходовых целиках.

ПОТЕРИ В БОРТАХ РОССЫПИ возникают вследствие некачественного опробования бортов и оставления у нижних границ контура песков, имеющих содержание выше бортового, а также в результате нарушения установленного порядка отработки россыпи. Для уменьшения потерь в бортах россыпи необходимо своевременно и качественно производить головное опробование забоя (особенно в бортовых участках россыпи).

ПОТЕРИ ОТ ПРОСЫПАНИЯ ПЕСКОВ из черпаков. Потери имеют место при перемещении песков от забоя до завалочно-

го люка и при разгрузке их в завалочный люк. Потери песков при перемещении по черпаковой раме незначительны; при разгрузке — более значительны.

РАЗУБОЖИВАНИЕ ПЕСКОВ:

- ♦ пустыми породам, обрушающимися с бортов разреза, в процессе формирования устойчивых откосов оно возрастает по мере увеличения глубины черпания. Процесс образования устойчивых откосов дражного разреза может продолжаться от 3 до 14 сут. При этом окончательно сформировавшиеся устойчивые углы откоса оказываются на $3\text{—}5^\circ$ меньше, чем первоначальные углы, образовавшиеся в течение суток после отработки забоя;

- ♦ вследствие излишней задиры плотика. В отдельных случаях задира плотика на глубину, большую, чем предусмотрено плотиком, может оказаться необходимой при выявлении западаний плотика большой глубины либо с резко изменяющимися очертаниями. В этом случае разубоживание большей частью компенсируется более высоким содержанием металла, которое обычно имеется в западениях. Однако и в этих случаях требуется постоянный квалифицированный контроль за глубиной отработки плотика и содержанием металла в добываемых песках;

- ♦ породами из отвалов предыдущих ходов. В современных моделях драг радиус черпания незначительно отличается от радиуса развала галечных отвалов, в результате чего отвалы располагаются вблизи рабочих бортов россыпи. Опытными работами установлено, что надлежащая зачистка плотика без разубоживания песков может быть достигнута при равенстве ширины полублоков по плотик у россыпи и расстоянии смежных забоев на уровне плотика, равному полусумме ширины одинарного забоя по поверхности россыпи и требуемой величины перекрытия смежных ходов при зачистке плотика.

Раздел VII

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ГОРНОЙ МАССЫ

1. Общие сведения
обогащения гравийно-песчаных
пород
 2. Технология переработки
(обогащения) гравийно-песчаных
пород
 3. Общие сведения промывки
(обогащения) россыпных песков
 4. Технология промывки песков
россыпных месторождений
-

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБОГАЩЕНИЯ ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫХ ПОРОД

По характеру выпускаемой продукции и особенностям технологии предприятия промышленности строительных материалов подразделяют на щебеночные (дробильно-сортировочные), гравийно-песчаные и песчаные (гравийно-сортировочные) заводы.

Предприятия, на которых сырье добывают экскаваторами, работают в течение всего года. Предприятия с гидромеханизированным способом добычи гравия и песка работают сезонно. Предприятия, выпускающие щебень, гравий и песок, подразделяют на стационарные, сборно-разборные и передвижные. Их производственная мощность соответственно свыше 400, 200—400 и до 200 тыс. м³/год.

При переработке прочных однородных изверженных, метаморфических и осадочных пород применяется однопоточная технологическая схема, при переработке неоднородных по прочности карбонатных пород (двухпоточных материалов) — двухпоточная схема с выделением гравийного и щебеночного потоков. На предприятиях, вырабатывающих свыше 1000 тыс. м³ щебня в год, предусмотрено несколько параллельных технологических линий с одинаковым набором оборудования.

Технология переработки горных пород всех типов включает в себя операции дробления и грохочения, при содержании в горной массе глины применяют промывку.

В зависимости от выхода (%) готовой продукции различают безотходную (100), малоотходную (>90), высоко- (70—90), средне- (55—70) и низкопродуктивную (>55) технологию. При комплексном использовании сырья, кроме выпуска щебня, гравия и песка, производят сырье для приготовления цемента, минеральных удобрений, смеси для асфальтобетона, а также добавки к корму животных и птиц и другую продукцию.

2. ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ (ОБОГАЩЕНИЯ) ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫХ ПОРОД

Гравийно-сортировочные заводы с гидромеханизированной добычей сырья (для примера) работают следующим образом.

Горная масса добывается земснарядом 1 (рис. 7.1) типа 350-50Л и в виде пульпы с $T : Ж = 1:12 \div 1:20$ поступает на сортировочный узел, где в коническом грохоте 2 типа КГТ-5500 разделяется по крупности 5 мм на песчаную и гравийную фракции. Гравийный материал обезвоживается в виброобезвоживателе 4, оборудованном ситами с щелевидными отверстиями, и конвейером 5 транспортируется на промежуточный склад 6. Вместимость склада рассчитана на 30—35 ч работы завода.

Песчаная пульпа (0—5 мм) поступает в гидравлический классификатор 3, где в автоматизированном режиме разделяется в восходящем потоке по крупности 0,14—0,2 мм. Слив гидроклассификатора самотеком поступает в шламоотстойник, а крупные пески выгружаются в спиральный классификатор или виброобезвоживатель 7, где обезвоживаются и радиально-поворотным штабелеукладчиком 8 типа ШУПГМ-3 складировются в штабель 9 вместимостью до 20 тыс. м³. Слив классификатора самотеком поступает в зумпф 12 и землесосом 13 откачивается в шламоотстойник.

С промежуточного склада с помощью вибропитателей 10 181-ПТ и конвейера 11 гравийный материал крупностью 5—250 мм подается на грохот 14, где разделяется по крупности 40 мм. Подрешетный материал на втором грохоте 15 ГИС-62 промывается и разделяется на гравий (5—20 и 20—40 мм) и песок. Гравий конвейерами 16 и 24 транспортируется на склады 17 и 23, песок обезвоживается в спиральном классификаторе 25 (КСН-20) и конвейером 26 направляется в конусный склад 27.

Гравий и валуны крупнее 40 мм направляют в щековую дробилку 18 СМ-741 на дробление до крупности 20 мм и сборным

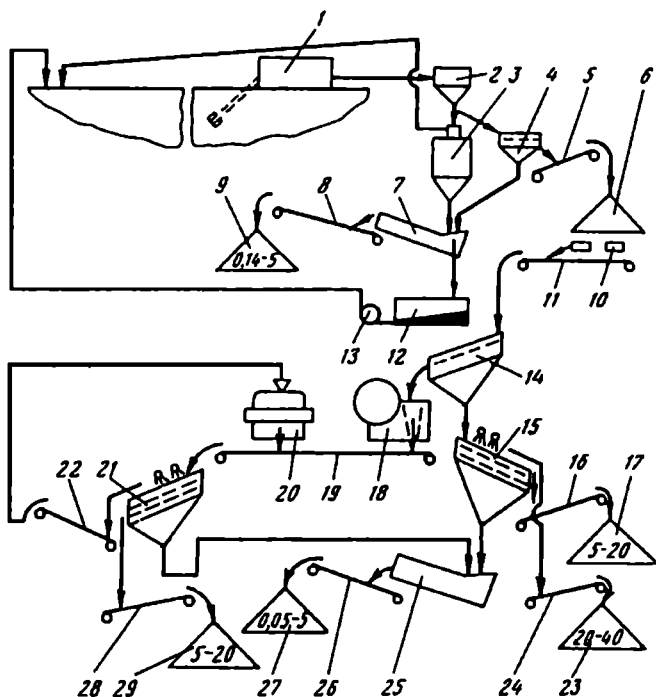


Рис. 7.1. Схема цепи аппаратов гравийно-сортировочного завода с гидромеханизированной добычей сырья (по В.В. Олюнину)

конвейером 19 транспортируют на грохот 21. Здесь дробленый материал промывается и разделяется по крупности 20 и 5 мм. Надрешетный материал конвейером 22 подают на подрабывание в короткоконусную дробилку 20 КМД-1200Гр, работающую в замкнутом цикле. Щебень фракции 5—20 мм конвейером 28 транспортируется на склад 29, а песок самотеком сливается в спиральный классификатор 25.

При дроблении гравия фракции 5—60 мм (до крупности 20 мм) без песка и в смеси с ним было установлено, что в последнем случае содержание отсева в продукте дробления щековой дробилки снижается в 2 раза.

Гранулометрический состав продуктов дробления зависит от содержания в питании гравия.

Содержание гравия в питании, %	20	30	40	50	60	100
Выход классов, %:						
10—20 мм	51,9	54,4	48,3	46,4	44,9	40,1
5—10 мм	34,9	32,9	34,7	33,4	34,2	31,3
0—5 мм	13,2	12,7	17,0	20,2	20,9	28,6

Все технологические схемы действующих гидромеханизированных предприятий и существующих типовых проектов можно разделить на две основные группы: поточные и поточно-цикличные. Выбор технологических схем зависит в основном от содержания гравия в исходной горной массе и от коэффициента неравномерности подачи материала в исходном питании. Применение поточной технологии считается целесообразным, если коэффициент неравномерности не превышает величины 2,0. При более высоком значении коэффициента применяются поточно-цикличные схемы, когда выделенный гравий после предварительной стадии грохочения направляется в промежуточную емкость (склад), и дальнейшая его переработка осуществляется при подаче с этого склада.

При содержании гравия в исходной горной массе до 20—30 %, как правило, применяются поточные схемы переработки, включающие в себя стадию предварительного грохочения по крупности 5 мм и дальнейшие операции по классификации и обезвоживанию песка и разделению гравия по фракциям 5—10, 10—20 или 5—20 мм, а также 20—40 и +40 мм.

При содержании гравия в исходной горной массе свыше 20—30 % в состав гидромеханизированного предприятия включаются цеха дробления крупного материала на щебень. В этом случае типичной технологической схемой является поточно-циклическая.

На рис. 7.2 *а* представлена технологическая схема (поточная), используемая при разработке среднепромывистых смесей с содержанием гравия до 30 %. В качестве сортирующих устройств используются конический грохот 4 и виброгрохот 5. Песчано-гравийная смесь, связанная в забое пылеватыми, или-

стыми и глинистыми частицами, разрабатывается земснарядом 1, который оборудован механическим рыхлителем 2 (фрезой или роторной головкой). Пульпа по трубопроводу 3 поступает на конический грохот 4, где происходит предварительное разделение исходного сырья по граничному зерну 5 мм. Фракция +5 мм, частично засоренная зернами крупностью менее 5 мм, подается на двухситный вибрационный грохот. На верхнем сите отделяется гравий крупнее 20 мм. Гравий 5—20 мм, скатываясь с нижнего сита виброгрохота, попадает в приемник гидроэлеватора 7 и подается по трубам в штабель готовой продукции. Гравий +20 мм, скатываясь с верхнего сита виброгрохота, сбрасывается по направляющему желобу в штабель гравия +20 мм.

Песок, просеявшийся через оба сита виброгрохота, попадает в бункер 5 и с помощью гидроэлеватора 6 подается в пульповод мелкого продукта, идущий от конического грохота на склад песка, состоящий из трех-четырех карт намыва. Глинистые, пылеватые и илистые частицы удаляются с карт намыва через шандорные колодцы.

Технологическая схема, изображенная на рис. 7.2 б, применяется при разработке песчано-гравийных месторождений, не имеющих включения валунов, с содержанием среднепромывистых примесей до 20 %. В состав технологического комплекса входят земснаряд 1, оборудованный механическим рыхлителем 2, конический грохот 4, колосниковый грохот 5, усреднительная емкость 6, плавучая насосная станция 8. Исходная горная масса от земснаряда по напорному трубопроводу 3 подается на конический грохот, где под действием остаточного напора грунтового насоса производится разделение песчано-гравийной смеси по заданной крупности. Далее пульпа с мелким продуктом поступает в усреднительную емкость; гравий с оставшимся в нем песком поступает на колосниковый грохот, где на наклонной решетке происходит окончательное разделение песка и гравия. Гравий по решетке и лотку скатывается в штабель +5 мм, а пульпа с песком и загрязняющими компонентами поступает в усреднительную емкость, смешиваясь с пульпой, поступившей

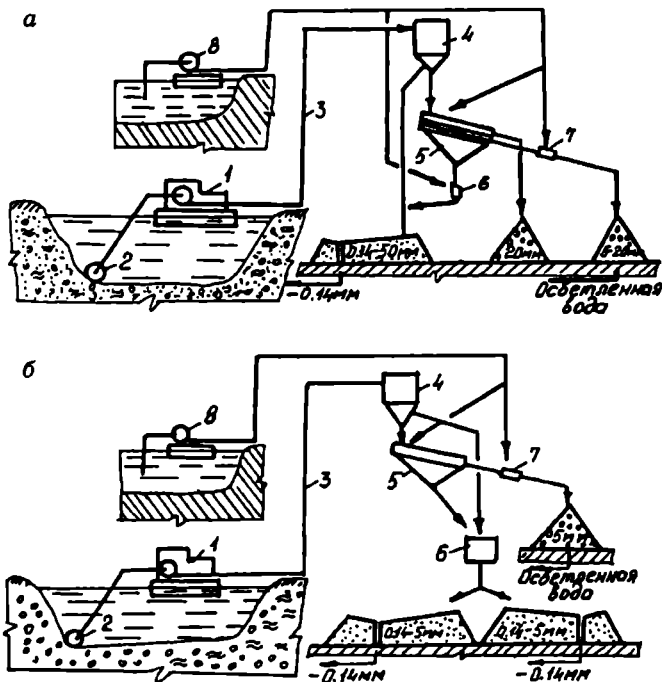


Рис. 7.2. Поточная технологическая схема с использованием конических грохотов:

a — при содержании гравия до 30 %; *б* — при содержании гравия до 20 %; 1 — земснаряд; 2 — механический рыхлитель; 3 — напорный пульпопровод; 4 — конический грохот; 5 — виброгрохот; 6 — сборная усреднительная емкость; 7 — гидроэлеватор; 8 — насосная станция

из конического грохота. Песок складывается в склад, разделенный на четыре карты намыва: три карты — намываемые, одна — отгружаемая. Две из намывных карт поочередно принимают водопесчаную смесь; на третьей карте в это время устраивается обвалование из намытого песка. Все карты сужаются в направлении движения пульпы. На каждой карте — по одному водосбросному колодцу.

На рис. 7.3 *a* представлена технологическая схема добычи и переработки песчано-гравийной смеси, которая используется, как правило, на небольших карьерах, и все оборудование выпол-

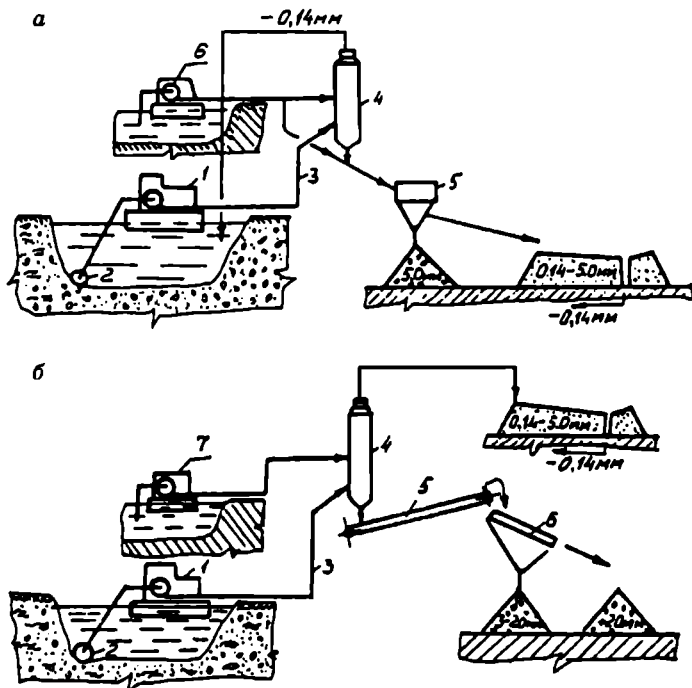


Рис. 7.3. Поточные технологические схемы с использованием гидроклас-
сификаторов:

а — передвижное исполнение сортировочных устройств; 1 — земснаряд; 2 — механический рыхлитель; 3 — напорный пульповод; 4 — гидроклас-
сификатор; 5 — конический грохот; *б* — насосная станция; *б* — полустационарное
(стационарное) сортировочное хозяйство; 1 — земснаряд; 5 — ленточный
конвейер; 6 — виброгрохот; 7 — насосная станция

нено в передвижном или полустационарном исполнении с целью быстрой передислокации на новый участок работ. Земснаряд 1 подает песчано-гравийную массу на гидроклас-
сификатор 4, в котором производится выделение глинистых и пылеватых
частиц и очень мелкой фракции песка (0,14—0,315 мм). Круп-
ный продукт классификатора, частично загрязненный мелкими
частицами, не попавшими в слив, поступает на конический гро-
хот 5, где происходит его разделение по крупности 5 мм. Песок
подается на гидроотвал, гравий сбрасывается в штабель.

Эта схема может быть использована при разработке песчано-гравийных месторождений с содержанием в исходной горной массе более 3—10 % пылеватых и глинистых частиц и до 15 % гравия.

Технологическая схема, представленная на рис. 7.3 б, применяется на песчано-гравийных заводах производительностью 300—500 м³/ч по горной массе, в которой содержание гравия 30—50 % и незначительном (до 10 %) содержании гальки и валунов. Здесь на первой стадии используется гидрокласификатор большой производительности, режим работы которого устанавливается на разделение зерен пограничной крупности 2—3 мм. Слив гидрокласификатора поступает на гидроотвал, где происходит сброс глинистых частиц через шандорные колодцы. Крупная фракция подается на механические грохота б, где разделяется на две или более фракции гравия.

3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПРОМЫВКИ (ОБОГАЩЕНИЯ) РОССЫПНЫХ ПЕСКОВ

Промывка песков и отвалообразование завершают технологический цикл добычных работ. К промывочной установке пески не всегда поступают в достаточно дезинтегрированном виде. Например, при разработке очень вязких глин они полностью не размываются и образуют глинистые окатыши, которые иногда встречаются на отвалах. Поэтому при промывке таких песков в ряде случаев необходимо устанавливать на промывочной установке дополнительное оборудование для дезинтеграции песков.

При гидравлической разработке применяются наиболее простые схемы обогащения песков и несложное оборудование. Это объясняется тем, что гидравлическим способом разрабатываются в основном сравнительно бедные россыпи и возникающие в процессе его потери, хотя и являются довольно высокими в относительном выражении, однако они по абсолютной величине небольшие.

Часто обогащение добытых песков производится без классификации в шлюзах глубокого наполнения, армированных торцовыми деревянными или грубыми металлическими трафаретами. В связи с этим в последнее время начали применять установки с промежуточным грохочением и дополнительными шлюзами мелкого наполнения. Такие установки включают в себя короткий (до 10 м) продольный шлюз, в который подаются размытые пески максимальной крупности (до 120 мм). В конце шлюза устанавливается грохот с отверстиями 20—25 мм. Надрешетные фракции (галька) сбрасываются в отвал, а подрешетные направляются на шлюзы мелкого наполнения, где происходит их обогащение.

Гидравлические шлюзы рассчитываются аналогично обычным транспортным желобам (сплоткам, канавам) с искусственно повышенной шероховатостью дна в связи с использованием улавливающих покрытий (трафаретов и матов-ковриков). В процессе расчета должны быть определены такие величины, как наполнение (высота транспортируемого слоя пульпы), ширина и уклон шлюза при заданных производительности, скорости движения потока, отношении твердого к жидкому ($T : Ж$) и сопротивлении, создаваемом принятым типом трафарета. При расчете шлюзов следует исходить из разжижения песков (из соотношения $T : Ж$) и в соответствии с допустимым его значением определить угол наклона и все основные размеры шлюза. Разжижение песков изменяется в относительно широких пределах и на практике составляет $T : Ж = 1 : (7 \div 20)$.

Простейший способ промывки песков при гидравлической разработке, называемый пробуторкой, заключается в устройстве выносной канавы, дно которой уложено булыжником, обеспечивающим улавливание тяжелой фракции (серых шлихов). Осевшие шлихи периодически (обычно 2—3 раза в месяц) собираются и промываются на бутаре, а затем доводятся на доводочном станке. Этот способ эффективен только на россыпях с крупными зернами металла и при небольшом объеме добычи, а также в случае организации промывки песков при размыве их самотечными ручьевыми и паводковыми водами.

Весьма простым по устройству является гидравлический шлюз-колода, который состоит из отдельных металлических или деревянных продольных шлюзовых секций длиной около 6 м, плотно подогнанных друг к другу. Колода опирается на прогоны из бревен. При установке шлюза на плотике прогоны укладываются в неглубокие борозды. Если высота установки не превышает 2 м, то прогоны укладываются на лежнях, городках или невысоких козлах, а при высоте более 4 м — на стойках с раскосами или на высоких козлах.

Производительность установки по гидросмеси может изменяться в зависимости от ширины шлюза от 200 до 2000 л/с. Длина шлюза определяется крупностью и плотностью зерен ценных компонентов, подлежащих улавливанию, и обычно составляет 20—80 м (в ряде случаев в практике использовались шлюзы длиной 100 м и более). Уклон шлюза принимается от 0,06 до 0,18 (4—10°) в зависимости от крупности гальки, подаваемой на шлюз, и секундного расхода воды. Глубина потока колеблется в пределах 15—30 см. На дно головного звена укладываются металлический трафарет, изготовленный из уголков или отлитый из специального коврикового чугуна. На шлюзах, которые переносятся не более одного раза в год, часто устанавливаются две спаренные параллельные колоды, что позволяет производить сполоск в одной из них, не прекращая работы по размыву и промывке песков. Для увеличения извлечения мелкого металла на гидравлических шлюзах широко применяются дополнительные подшлюзки, вследствие чего шлюзы превратились в упрощенную кулибину.

Шлюз споласкивается один раз в неделю или декаду. Частота сполоска устанавливается обогатительной службой прииска. В сполоске участвуют промывальщик и 2—4 рабочих. Простейшие гидравлические шлюзы целесообразно применять на золото-платиновых россыпях, содержащих в основном крупные и средней крупности зерна металла.

Кулибины характеризуются наличием подшлюзков. Основная колода, принимающая размытые пески, имеет ширину 0,8 м,

длину 6—12 м и оканчивается грохотом с отверстиями размером 40 мм. Подрешетные фракции с водой направляются в подшлюзки, застланные трафаретами и резиновыми ковриками, часто залитыми ртутью. Промывка в кулибинах позволяет значительно сократить потери мелкого металла, надрешетные фракции (крупные гальки) сбрасываются с грохота в желоб и далее в хвостовую колоду.

Более совершенной промывочной установкой является золотомойка Кочергина, которая состоит из водометного грохота (гидровашгерда) и шлюзов (основных и вспомогательных). Пески поднимают струей гидромонитора по грохоту. При этом галька сбрасывается по лотку в отвал. Мелкие фракции, прошедшие через грохот, с водой поступают на основной (состоящий из трех параллельных колод) и вспомогательный (состоящий из двух колод) шлюзы. Шлюзы имеют подъемный металлический трафарет. При сполоске шлихи поступают в бункер, который опускается в нижнее положение, откуда гидроэлеватором они перекачиваются на доводочный станок. Галька убирается хвостовым гидромонитором с дистанционным управлением. Суточная производительность установки 0,8—1,2 тыс. м³.

При обогащении оловоносных и ильменитовых песков применяются отсадочные машины и винтовые сепараторы. При этом пески предварительно проходят грохочение в барабанном грохоте, а затем поступают в гидроциклоны или винтовые сепараторы с двойной перемешкой. Доводка концентрата зависит от минерального состава шлихов.

Алмазоносные пески промываются на стационарных установках, оборудованных грохотами, отсадочными машинами, жировыми столами и другой аппаратурой. Такие промывочные установки обслуживаются техническим надзором, независимым от горного надзора добычного разреза, и организационно представляют собой отдельный цех прииска.

Пески, содержащие оптический кварц, промываются на водометных грохотах (гидровашгердах), а кристаллы выбираются на медленно движущейся сортировочной ленте.

4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫВКИ ПЕСКОВ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Под организацией промывки принято понимать комплекс работ, включающий в себя:

- ♦ общую организацию подготовки песков, обеспечивающую заданную их подготовленность для промывки к установленным контрольным срокам;
- ♦ выбор способа организации промывочных работ;
- ♦ определение типа промывочных установок или технологии обогащения на обогатительной фабрике;
- ♦ разбивку месторождения на приборные поля;
- ♦ размещение на них промывочных установок или загрузочных бункеров;
- ♦ размещение отвалов хвостов промывки;
- ♦ устройство оборотного водоснабжения и организацию осветления сточных вод;
- ♦ выбор технологии и организацию работы добычных машин и транспортирования песков к промывочной установке (к загрузочному бункеру).

Непосредственно под промывкой принято понимать извлечение полезного ископаемого из песков гравитационными методами. В основе обогащения песков тяжелых полезных ископаемых (платины, золота) лежит их промывка на шлюзах.

Промывка является заключительным этапом всего комплекса работ при разработке россыпных месторождений — из добытых песков извлекают полезное ископаемое (значительно реже весь комплекс полезных компонентов, содержащихся в россыпи).

В настоящее время на предприятиях, разрабатывающих россыпные месторождения, применяются следующие варианты организации промывочных работ:

- ♦ промывка на переставных промывочных установках. Для нее характерны небольшие объемы промываемых песков

(главным образом, золотиносных) и окончательная доводка концентрата до чернового металла на специальных шлихо-обогатительных установках;

♦ промывка песков на полустационарных установках, которая целесообразна, когда продолжительность работы на одном месте превышает 2—3 года и промывается значительный объем песков. Практически в качестве таких установок могут быть использованы промывочные установки большой производительности, которые просто нецелесообразно часто переставлять с места на место. В качестве полустационарных могут быть использованы и обычные промывочные установки средней производительности, если их устанавливать по 2—3 шт. в одном месте.

На рис. 7.4 изображены схемы промывки небольших (а) и больших (б) объемов песков, содержащих металл любой крупности. Для промывки обводненных песков, содержащих полезное ископаемое любой крупности, рекомендуется схема промывки, изображенная на рис. 7.5.

Выбор места расположения промывочной установки зависит прежде всего от конфигурации и размеров приборного поля. Понятие «приборное поле» означает участок месторождения, пески которого будут промываться на одной стоянке промывочной установки. Иногда вместо «приборного поля» употребляют термин «полигон». Однако последний термин имеет более широкое значение. Размеры приборного поля зависят от ряда факторов, прежде всего от размеров самого месторождения. Возможно, что небольшое месторождение станет одним приборным полем, но допустим и другой вариант. Большое россыпное месторождение разделяют на несколько приборных полей. Размеры поля могут также зависеть от мощности пласта песков, производительности промывочной установки и добычного механизма. Этот вопрос по-разному решается для разработки талых и мерзлых россыпей. Поскольку основной машиной на разработке песков является бульдозер, то во многих случаях решающее значение при выборе размеров поля приобретает стремление к минимальной длине бульдозерного транспортиро-

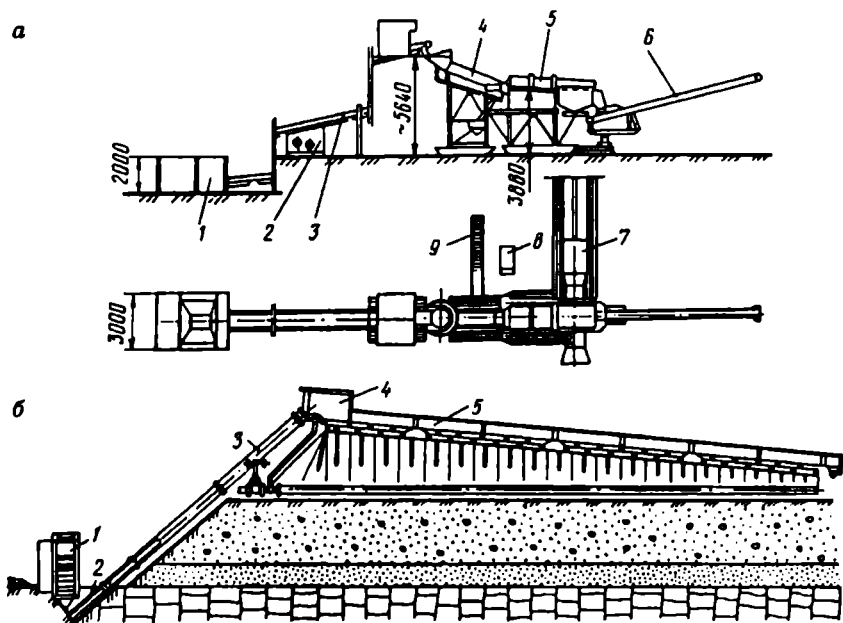


Рис. 7.4. Типы промывочных установок:

a — установка МПД-4 (1 — загрузочный бункер; 2 — привод конвейера; 3 — конвейер; 4 — головной (самородкоулавливающий) шлюз; 5 — скруббер; 6 — конвейер отвалный; 7 — комплект шлюзов мелкого наполнения; 8 — вальс-герд для доводки концентрата; 9 — шлюз для сокращения концентрата); *б* — установка ПГШ-50 (1 — гидровальс-герд; 2 — горловина гидроэлеватора; 3 — труба гидроэлеватора; 4 — короб-гаситель струи; 5 — шлюз глубокого наполнения)

вания песков к загрузочному бункеру промывочной установки. При разработке мерзлых россыпей, как уже указывалось, размеры поля должны обеспечить нормативную загрузку и промывочной установки, и обслуживающих ее бульдозеров.

В результате практических и научных исследований выработаны рекомендации по размерам приборного поля для промывочных установок различного типа. Выбор места расположения промывочной установки зависит, кроме того, от конфигурации приборного поля (полигона) и ряда других факторов, которые необходимо принимать в расчет при решении этого вопроса:

- ♦ промывочная установка должна быть размещена на таком уровне, чтобы можно было разместить все отвальные хвосты, по возможности без их дополнительной развалки;
- ♦ целесообразно всегда использовать рельеф поверхности, с тем чтобы хвосты промывки были размещены в естественных понижениях рельефа или в старых выработках;
- ♦ должно быть обеспечено максимальное удобство для организации обратного водоснабжения и размещения отстойников;
- ♦ расстояние транспортирования песков к загрузочному бункеру должно быть по возможности минимальным.

Последнее требование соблюдается, когда загрузочный бункер расположен в центре разрабатываемого поля или же на линии, разделяющей его на две равные по площади фигуры.

На рис. 7.6 показан характерный случай: промывочная установка размещена на отвале вскрышных пород (на бульдозерном отвале).

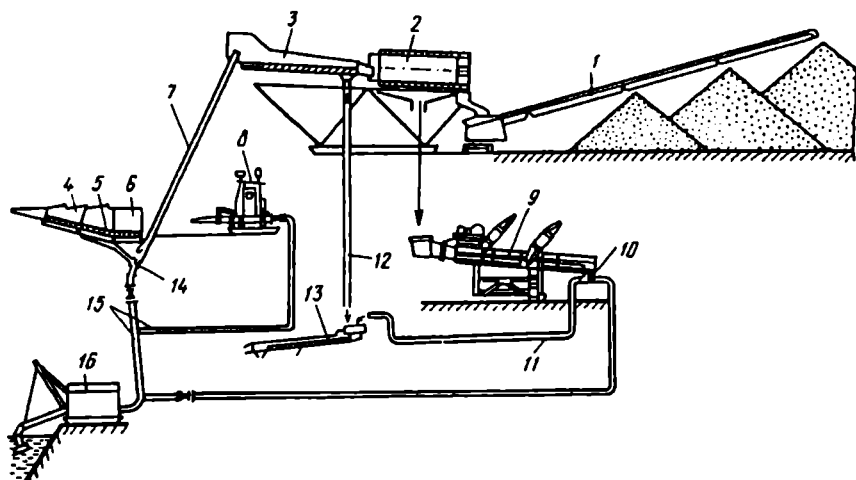


Рис. 7.5. Структурная схема установки ПГБ-75:

1 — отвалообразователь; 2 — бочечный грохот (скруббер); 3 — головной шлюз; 4 — гидравлический вентиль; 5 — грохот; 6 — загрузочный бункер гидроэлеватора; 7 — пульповод; 8 — гидромонитор; 9 — комплект шлюзов; 10 — концентратосос; 11 — пульповод для концентрата; 12 — труба; 13 — доводочный шлюз; 14 — гидроэлеватор; 15 — водяные магистрали; 16 — насосная установка

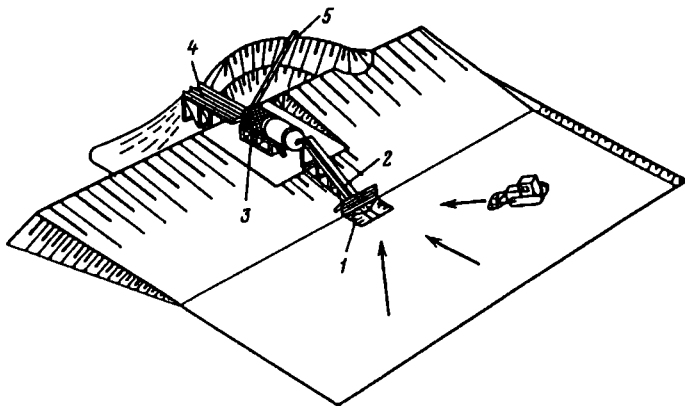


Рис. 7.6. Схема промывочной установки, смонтированной на отвале бульдозерной вскрыши:

1 — загрузочный бункер; 2 — конвейер; 3 — скруббер; 4 — шлюз; 5 — консольный отвалообразователь

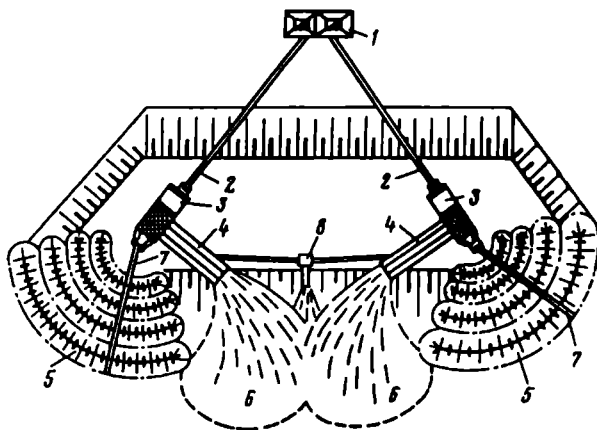


Рис. 7.7. Схема двух промывочных установок для промывки песков крупного полигона:

1 — объединенный загрузочный бункер; 2 — конвейеры; 3 — скрубберы; 4 — шлюзы; 5 — галечные отвалы; 6 — эфельные отвалы; 7 — консольные отвалообразователи; 8 — общий доводочный канал

На рис. 7.7 две мощные промывочные установки объединены одним приемным бункером и едиными системами водоснабжения и отвалообразования. Они вместе образуют полустацию-

нарную установку для промывки песков значительного по размерам и запасам участка россыпного месторождения.

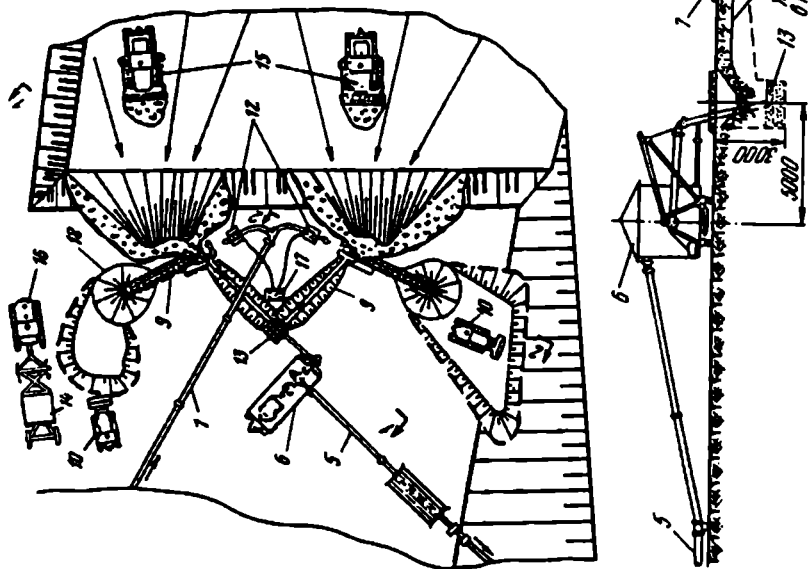
Вариант разработки россыпи с использованием бульдозерно-гидромониторно-землесосного комплекса приведен на рис. 7.8. Предусматривается организация двух забоев — рабочего и резервного, которые должны отрабатываться поочередно. Проектная суточная производительность гидроустановки по добыче песков 2660 м^3 , число часов работы в сутки 20, средняя производительность $133,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. Каждый забой обеспечивается комплектом добычного и обогащительного оборудования (бульдозеры, гидромониторы, землесосы, шлюзы).

На рис. 7.9 изображен гидроэлеваторный промывочный прибор, предназначенный для выполнения некоторых технологических операций при бульдозерно-гидравлической разработке россыпных месторождений.

Гидравлические аппараты для классификации, сгущения и обезвоживания, а также рекомендации по их применению приведены ниже.

Конический грохот	Предварительное разделение песчано-гравийной массы по $d_{\text{гр}} = 5 \text{ мм}$; отделение гравия от товарного песка
Дуговые сита	Классификация песка на две фракции
Гидроклассификаторы ГКД-2 ВНИИГС	Классификация песчано-гравийной массы и песка на две фракции по граничным зернам от 0,5 до 5,0 мм
Многокамерные гидро- классификаторы ВНИИ- Стройдормаша	Классификация песка на фракции и выпуск шихтованного песка заданного модуля крупности
Спиральные классификаторы	Дешламация, промывка и обезвоживание песка
Гидроциклоны	Сгущение песчаной пульпы и удаление из песка частиц до 0,3 мм
Сгустители (напорные)	Сгущение пульпы на напорной линии трубопроводов, подающих песчано-гравийную массу от земснарядов и землесосных установок на гравийно-песчаный завод
Сгустительные воронки	Сгущение песчаной пульпы, поступающей по безнапорным трубопроводам, перед подачей в зумпф землесосной станции

Рис. 7.8. Бульдозерно-гидромониторно-землесосный комплекс:
 1 — резервная заходка; 2 — рабочая заходка; 3 — контур балансовых запасов; 4 — отработанная заходка; 5 — пульповод; 6 — землесосная установка 12 Гр-8Т; 7 — водовод; 8 — промежуточный зумпф (бункер); 9 — валуноборщик цепной ВЦ-1-360; 10 — погрузчик валунов Д-442; 11 — канавка с желобом; 12 — гидромониторы ГУП-6; 13 — зумпф землесоса; 14 — прицеп тракторный; 15 — бульдозер Д-384 А; 16 — трактор С-100; 17 — пульт управления гидромониторами и валуноборщиками; 18 — отвал валунов



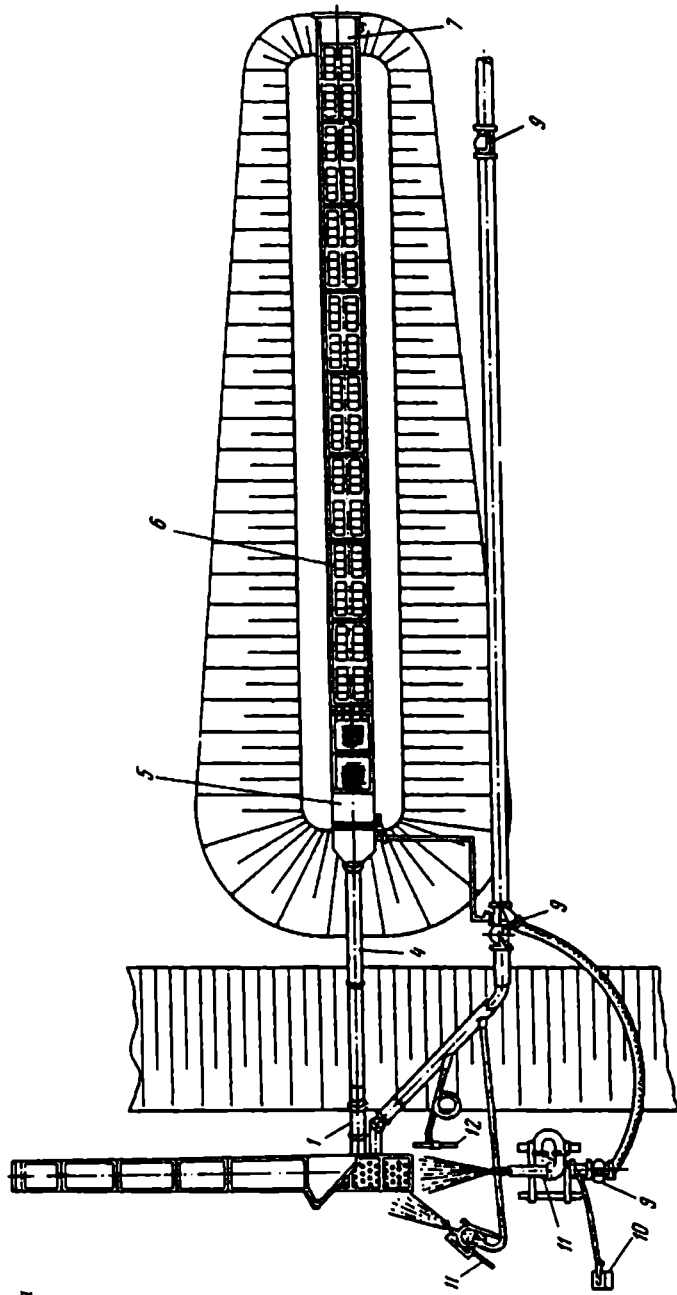


Рис. 7.9. Гидроэлеваторный промывочный прибор ГЭП-64:

a — вид сверху; 6 — вид сбоку; 1 — гидроэлеватор; 2 — бункер; 3 — вашгердный лоток; 4 — пультпровод; 5 — головная секция шлюза; 6 — линейная секция; 7 — приставки шлюза; 8 — водопроводная магистраль; 9 — задвижка; 10 — пульт управления; 11 — гидромониторы; 12 — струйный насос

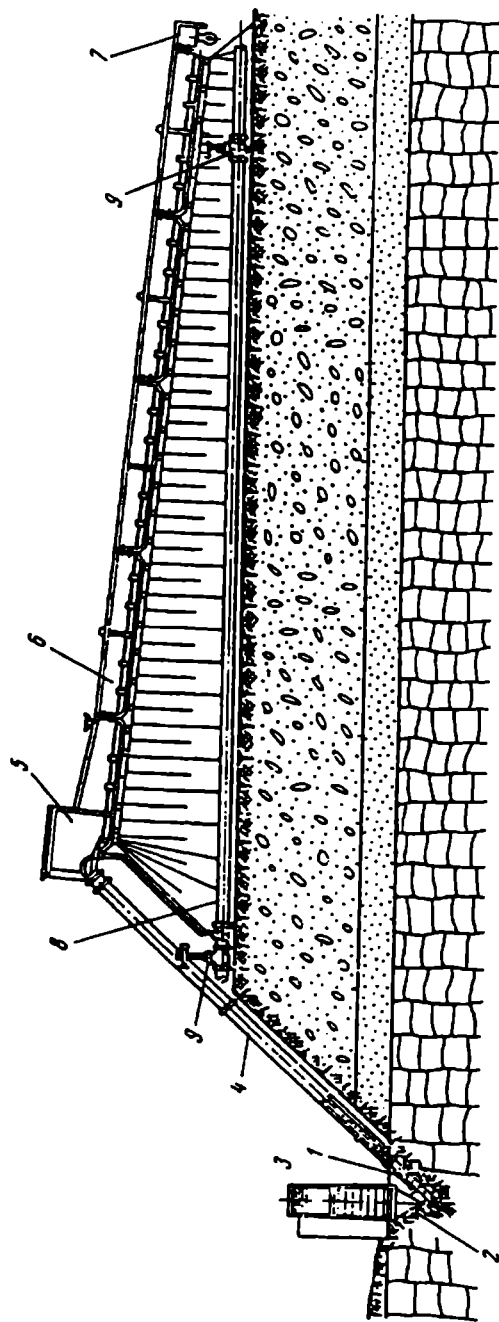


Рис. 7.9. Продолжение

Раздел VIII

СПОСОБЫ ОСВЕЩЕНИЯ ВОДЫ

1. Общие сведения
 2. Существующие способы
очистки воды
 3. Очистка воды электрофорезом
-

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Осуществление мер по улучшению использования водных ресурсов является важнейшей общегосударственной задачей. У нас в стране намечено осуществить ряд неотложных мер по коренному перелому в деле экономного и рационального использования бассейнов рек, озер и других водных источников. Министерством и ведомствам поручено обеспечить в промышленности резкое наращивание объемов оборотно-повторного водоснабжения.

Гидравлический способ разработки пород является водоемким способом. Незначительные капиталовложения, эксплуатационные расходы и удельная металлоемкость, наличие условий для полной автоматизации всех производственных процессов делают этот способ самым высокопроизводительным и эффективным. Однако узким местом гидромеханизации является необходимость соблюдения требований водного законодательства и отвода больших площадей под гидроотвалы, и эти положения необходимо учитывать. Поэтому эффективность гидромеханизации на карьере следует обязательно рассматривать с учетом определенного объема водоохраных мероприятий, что наиболее значительно для этого эффективного способа.

В настоящее время взято генеральное направление по охране окружающей среды на организацию работы горных предприятий на оборотном водоснабжении, что приводит к целому ряду технических требований.

Гидромеханизация является одним из прогрессивных направлений комплексной механизации разработки вскрышных пород на карьерах, но она может стать причиной недопустимого загрязнения окружающей среды, если горные работы не будут сопровождаться водоохраными мероприятиями. Кроме того, при загрязнении воды твердыми, особенно кварцевыми, взвешенными частицами быстро изнашиваются детали скольжения и рабочие органы водяных насосов. Так, например, при оборот-

ном водоснабжении для нормальной работы центробежных насосов содержание взвешенных веществ в оборотной воде не должно превышать 5 тыс. мг/л.

Наблюдениями ряда авторов установлено, что содержание грунтовых частиц в оборотной воде изменяется от 0 до 5 г/л; при очень неблагоприятных условиях — до 20 и совсем редко — до 30 г/л.

Многолетняя практика применения оборотного водоснабжения показала (по данным А.А. Матвеева):

- ♦ содержание иловых фракций в воде, поступающей в насосные установки в количестве 30—40 г/л, приводит к некоторому снижению КПД насосных установок;

- ♦ содержание твердых частиц в воде, поступающей в насосные установки в количестве 30—40 г/л, вызывает непроизводительный расход электроэнергии: для насоса Д1600-90 (14НДС) — 8,26 кВт·ч; эффективность осветления сточных вод в отстойниках зависит от содержания илесто-глинистых фракций в гидросмеси; для осветления технологической воды до содержания твердого 0,5—1 г/л при содержании в гидросмеси (хвостах) 80 % илесто-глинистых фракций объем воды в прудке-отстойнике должен быть не менее 12—19-суточной производительности гидромониторных-землесосных комплексов; при содержании в гидросмеси 60 % илесто-глинистых фракций этот объем должен быть равен не менее $8,5 \div 14,5$ суточной производительности; при содержании 40 % — $5,5 + 9,5$ -суточной производительности и при 20 % — 3—5-суточной водопроизводительности гидравлических установок.

Зависимость емкости прудка-отстойника от содержания илесто-глинистых частиц в гидросмеси и типа грунтового насоса, можно проследить на рис. 8.1. Из графиков видно, что емкость прудка-отстойника увеличивается прямо пропорционально количеству забойных грунтовых насосов и их производительности по гидросмеси.

С учетом того, что содержание взвешенных частиц в технологической воде на гидровскрышных работах встречается до 20

г/л, можно подсчитать экономический ущерб в зависимости от загрязнения оборотной воды.

Для условий Назаровского разреза экономические показатели по водоснабжению, в зависимости от содержания в воде грунтовых частиц, приведены в табл. 8.1 (по данным исследований 1989 г.).

По результатам исследований, выполненных в отраслевой лаборатории МГИ (ныне МГГУ), для условий участка Чулымского Назаровского разреза затраты на водоснабжение составляли около 30 % общих затрат на гидроразработку 1 м³ вскрышной породы, причем затраты на электроэнергию — 45 % затрат производственного водоснабжения.

При размыве четвертичных отложений и укладке их на гидроотвалы значительная часть пород осаждается в прудке-отстойнике. Намыв глинистых грунтов при оборотном водоснабжении практически невозможен без прудка-отстойника определенных размеров. Загрязненность оборотной воды зависит от большого числа факторов, среди которых одним из главных явля-

Таблица 8.1

Влияние содержания грунтов в воде на экономические показатели гидровскрышных работ

Содержание грунта в оборотной воде, г/л	T : Ж (по массе)	Плотность воды, г/см ³	Увеличение расхода электроэнергии на водоснабжение, %	Увеличение затрат на 1 м ³ вскрышных пород, коп.	Увеличение затрат на 1 м ³ вскрышных пород, %	Годовой экономический ущерб, руб.*
5	1:200	1,003	0,33	1,0	0,33	35000
10	1:100	1,007	0,66	2,0	0,66	70000
20	1:50	1,014	1,32	4,0	1,32	140000
30	1:33	1,020	2,10	6,0	2,10	210000
40	1:25	1,028	2,64	8,0	2,64	280000

* При годовом объеме гидровскрышных работ 3,5 млн м³, $q = 7 \text{ м}^3/\text{м}^3$ и длине магистрального водовода 3000 м (4 насоса Д-4000-95).

ется объем прудка. Объем (площадь) прудка находится в прямой зависимости от степени загрязнения оборотной воды. Зная норму водоосветления, т.е. допустимую загрязненность оборотной воды, можно определить минимально необходимую емкость (площадь) прудка-отстойника. Но дело в том, что условия водоосветления не являются постоянными, и исходные данные для расчетов изменяются в широких пределах (сосредоточенность потока гидро-смеси, консистенция гидросмеси, процент содержания глинистых частиц, влияние волновых воздействий и т.д.). Размеры прудка-отстойника оказывают влияние на размер площади, занимаемой гидроотвалом, объем горно-капитальных работ и сроки строительства гидроотвала.

Поэтому с учетом ранее сказанного проблема осветления воды является важным фактором охраны окружающей среды при производстве гидрокрышных работ.

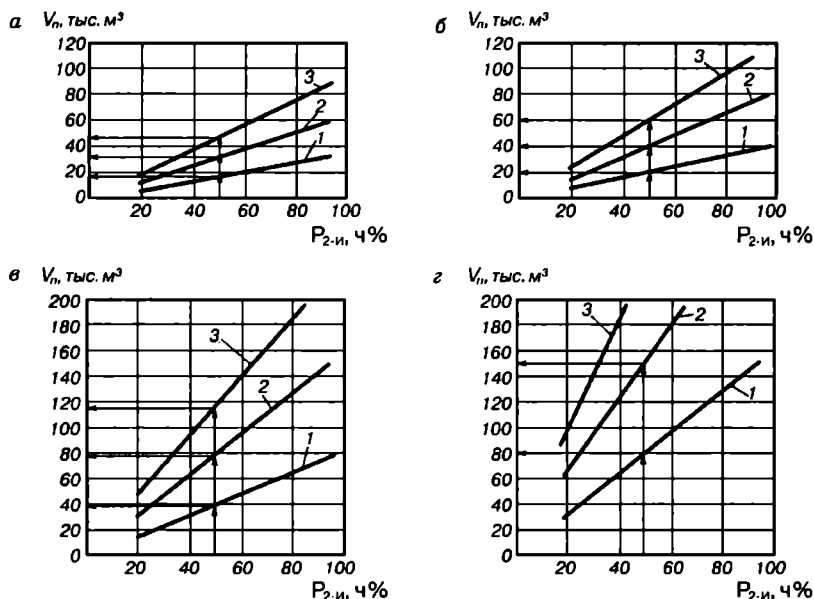


Рис. 8.1. Зависимость емкости прудка-отстойника от содержания глинисто-илистых частиц в гидрокомплексах и типа грунтового насоса: а — грунтовой насос ГрТ1500/60; б — грунтовой насос ЗГМ-2М (Гру 2000/63); в — грунтовой насос ГрТ 4000/71 (20Р-11М); г — грунтовой насос ГрТ 8000/71; 1, 2, 3 — один, два, три забойных грунтовых насоса

2. СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Первоначально, как известно, необходимость в очистке воды возникла при водоснабжении и водоподготовке и лишь потом при очистке сточных и оборотных вод в промышленности.

Основными способами очистки воды от механических примесей являются фильтрование и отстаивание. Вместе с тем в настоящее время разработано достаточно большое число способов интенсификации осаждения взвешенных веществ в водной среде. Упрощенная классификация способов очистки воды от твердых взвешенных веществ представлена на рис. 8.2. В настоящее

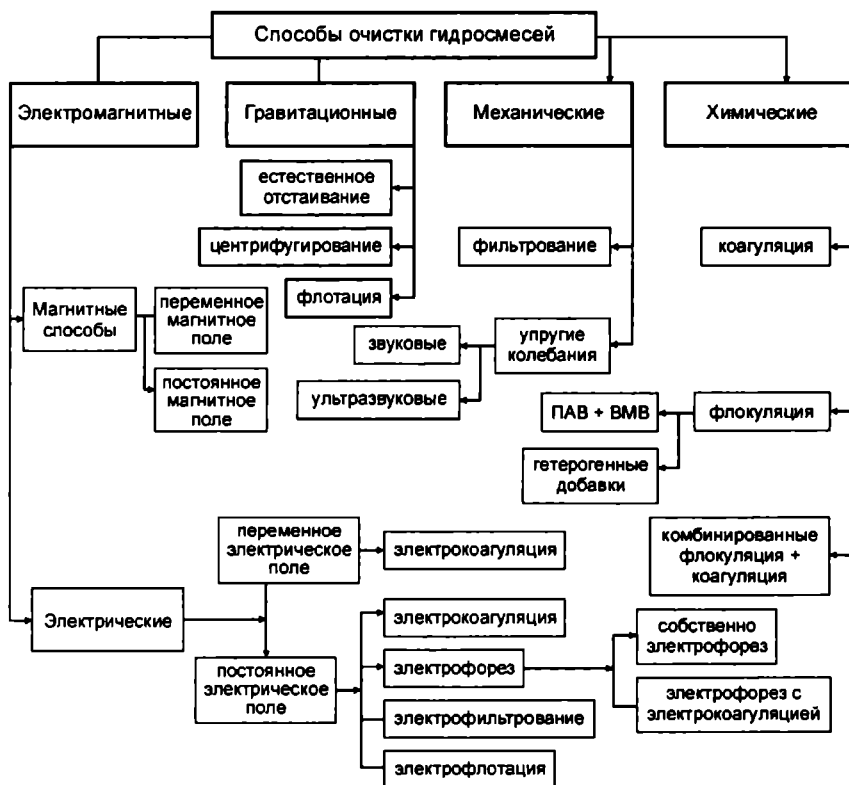


Рис. 8.2. Классификация способов очистки воды

время все существующие способы можно разбить на четыре основные группы: гравитационные, электромагнитные, механические и химические.

Наиболее существенные успехи по качеству очистки вод достигнуты в водоподготовке для питьевого водоснабжения, при которой базовым способом очистки воды от примесей является химический, а именно коагуляция электролитами. Одновременно используются различные способы, интенсифицирующие процесс коагуляции электролитами, которые принято подразделять на два больших класса. К первому классу следует отнести способы, связанные с внесением в обрабатываемую воду дополнительных реагентов:

- ◆ флокулянтов;
- ◆ окислителей;
- ◆ регуляторов величины pH воды;
- ◆ минеральных замутнителей.

Этот класс способов называют реагентным. Его отличают высокое качество очистки воды и необходимость введения в очищаемую среду различных добавок (едкий натр, мелкий кварцевый песок, активная кремнекислота, хлор, известь-пушонка, полиэлектролиты, триланганат калия и т.д.).

Ко второму классу следует отнести способы, не требующие использования дополнительных реагентов:

- ◆ перемешивание воды, обработанной коагулянтами;
- ◆ осуществление рациональных добавок коагулянтов;
- ◆ рециркуляция коагулированной взвеси через зону ввода новых порций коагулянта;
- ◆ совмещение коагуляции гидроизолирующими коагулянтами с физическими способами коагуляции — обработка воды в магнитном и электрическом полях ультразвуком, ионизацией и др. использование безреагентных физических способов, интенсифицирующих коагуляцию водных примесей, является наиболее перспективным направлением и вместе с тем еще недостаточно изученным. Эти способы требуют строгого обоснования и проверки параметров обработки воды, так как в одном случае улучшают, в другом

— не влияют или ухудшают качество ее очистки. Это вызвано тем, что при воздействии физического поля происходят необратимые изменения как с дисперсной фазой, так и с дисперсионной средой. Так, ультразвуковая обработка дисперсной системы с частотой 1 МГц приводит не к коагуляции, а наоборот, к диспергированию минеральных частиц. При электрокоагуляции в результате электролиза среды возникают сложные окислительно-восстановительные процессы, приводящие к дополнительному образованию в ней различных веществ. Интенсивно развивается в последнее время способ электрофильтрации воды с фильтрами из проводящих материалов.

Специфика использования в настоящее время воды в промышленности заключается в применении в основном оборотных схем водоснабжения, что ставит менее жесткие требования к качеству ее очистки, чем при водоподготовке для питьевого водоснабжения.

Для повторного использования воды в оборотных схемах, как правило, достаточно обеспечить потребный эффект ее осветления, который устанавливается с учетом особенностей конкретного производства. На крупных промышленных предприятиях для осветления оборотных вод используются системы очистных сооружений, включающие гравитационные отстойники. Способы, направленные на интенсификацию процесса гравитационного осветления в них, должны быть дешевыми и одновременно простыми в осуществлении, иначе с учетом колоссальных объемов осветляемой воды они будут неэкономичны. Этим объясняется тот факт, что в промышленности при очистке воды в числе первых нашел применение способ коагуляции электролитами. При этом преимущество при осуществлении данного способа отдается коагулянтам из местных природных материалов или нетоксичных промышленных отходов, таким, как известняк, хлориды металлов, высокоминерализованная морская вода и др. Такой рациональный подход к выбору коагулянтов обеспечивает минимальные затраты на очистку воды при многократном увеличении скорости осветления ее по сравнению

с обычным отстаиванием. Особенно хорошие результаты получены при совместной обработке воды коагулянтами и флокулянтами. Как самостоятельный способ интенсификация осветления воды флокулянтами также хорошо зарекомендовала себя в практике очистки шахтных сточных вод и получила широкое применение благодаря созданию высокомолекулярных и поверхностно-активных веществ (ВМВ и ПАВ).

В последнее время разработан флотационный способ осветления сточных вод от высокодисперсных примесей. Эффект флотации заключается в том, что к диспергированным в суспензии пузырькам газа прилипают частицы твердых материалов и всплывают вместе с пузырьками на поверхность. Причем использование электрофлотации позволяет добиться наибольшего эффекта осветления воды, так как при этом образуются пузырьки наименьшего размера, а значит и в большем количестве улавливаются взвеси. К числу перспективных способов коагуляции суспензий можно отнести электрокоагуляцию, основанную на получении оксигидратов металлов (преимущественно алюминия и железа) путем электрохимического растворения металлических электродов.

В обогащении большое количество работ посвящено исследованию очистки оборотной воды с помощью физических полей за счет электрокоагуляции магнитной, радиоактивной, звуковой или ультразвуковой обработкой. Их результаты положены в основу успешно применяемых способов и аппаратов, действующих по одному или нескольким вышеперечисленным принципам.

Известен очень интересный зарубежный опыт по закладке выработанного пространства шахты отходами углеобогащения. Опытно-промышленные испытания проводились в герметически изолированном целике, куда закачивалась пульпа, содержащая хвосты обогащения (фракция менее 0,02 мм составляла 65 %). Предварительно на дне и кровле целика крепились два сетчатых электрода, к которым после заполнения целика пульпой подавалось постоянное напряжение до 200 В. В результате прохождения через пульпу электрического тока имел место эффект электрофореза. А пульпа чрезвычайно быстро разделилась на осадок и жидкую составляющую.

При укладке вскрышных пород и хвостов обогащения в гидроотвалы и хвостохранилища средствами гидромеханизации приходится часто сталкиваться с трудностями, вызванными высокой дисперсностью складированных масс, которая обуславливает низкую водоотдачу намывных сооружений, медленную скорость осаждения взвешенных частиц и вынос большого количества породы со сбросной водой.

Из сказанного следует, что при осветлении промышленных вод увеличение скорости осаждения содержащихся в них тонкодисперсных частиц позволит достичь существенного экономического эффекта.

Наиболее близкой к гидровскрыше отраслью горных работ, где имеется значительный опыт по интенсификации процесса очистки сточных вод, является дражная разработка россыпей. Однако наиболее распространенные на сегодняшний день — гравитационный (за счет осаждения в центробежном поле сил центрифуг и гидроциклонов) и механический (за счет улавливания взвешенных частиц путем фильтрования через различные материалы) способы характеризуются низкой производительностью и высокой стоимостью очистки, что не позволяет внедрить их в практику очистки промстоков россыпей.

Наиболее применяемыми в дражной практике оказываются химические способы ускорения осаждения взвесей: коагуляция, флокуляция, электрокоагуляция, а также их комбинации.

В данное время известно большое число различных неорганических соединений, природных и синтетических полимеров, применяемых в качестве коагулянтов и флокулянтов при осветлении сточных вод дражных разработок, содержащих взвешенные минеральные частицы. В основном к ним относятся соединения двух- и трехвалентного железа, алюминия, кальция, разнообразные полимеры, полученные чаще всего на основе акриловой кислоты, тридина.

Дражные сточные воды характеризуются очень высоким содержанием мельчайших частиц, размеры которых не превышают долей микрона, что характерно также и для условий очистки оборотной воды при гидровскрышных работах.

С целью выбора оптимальных параметров коагуляции было изучено действие на глинистые взвешенные частицы дражных промстоков как серийно выпускаемых промышленностью коагулянтов и флокулянтов, так и отходов различных производств черной и цветной металлургии, а также отходов непосредственно самого дражного производства.

Из серийно выпускаемых коагулянтов в процессе исследований использовали хлористый кальций, хлорное железо, сернокислый алюминий, неорганические и органические кислоты и полиакриламид. По интенсивности воздействия на взвешенные частицы промстоков коагулянты образуют следующий лиотропный ряд:



и находятся в прямой зависимости от валентности катионов и его радиуса.

В ВНИИводгео проводились исследования по осаждению взвешенных веществ на одной из драг. Осветление с применением сернокислого алюминия в качестве коагулянта (расход составляет 0,3—0,5 кг/см³) протекало достаточно быстро. Однако применение его было призвано нецелесообразным из-за большого расхода (200—250 т в месяц).

Институтом Уралмеханобр проводились лабораторные и полупромышленные испытания осветления дражных сточных вод при помощи последовательного введения в стоки сернокислого алюминия и полиакриламида АМФ, а также лабораторные исследования по применению катионных флокулянтов ВА-2.

Промышленные испытания эффективности действия сернокислого железа (FeSO_4) проводились на драгах с различными схемами водоснабжения. Доза коагулянта, определенная из условия осветления сточных вод до санитарных норм, составляла 25 мг/л, а расход коагулянта — 600 кг в сутки. Применение оборотной схемы водоснабжения привело к тому, что взвешенные вещества в реке отсутствуют, а содержание железа находится в пределах санитарных норм.

Исследования эффективности осветления дражных вод также с применением сернокислого алюминия совместно с полиакриламидом проводились Ирригредметом на драгах. Расход реагентов составлял около 100 г сернокислого алюминия и 1 г полиакриламида на 1 м³ обрабатываемой воды.

МГРИ проводились испытания на одной из драг п/о «Амур-золото» по использованию полиакриламида (ПАА) для осветления воды в дражном разрезе. При осветлении технологической воды содержание взвешенных веществ в дражном разрезе снизилось с 25 до 10 г/л. Расход ПАА составил 6 г/м³ воды. Мутность сточной воды, фильтрующейся через тело дамбы, снизилась с 16 до 5 г/л. В настоящее время Иршанский ГОК осветляет стоки, применяя в качестве реагента железный купорос. Осветление воды производится как непосредственно в дражном разрезе, так и в отстойнике, вода используется в обороте. При расходе железного купороса от 150 до 300 г/м³ воды удается поддерживать в разрезе драги мутность воды в пределах 0,5—6 г/л.

Красноярским институтом цветных металлов проводились промышленные эксперименты по применению хлорного железа на драгах п/о «Енисейзолото». Расход реагента составлял 40—50 г/м и при притоке воды в дражный разрез до 100 л/с позволял поддерживать концентрацию взвесей в дражном разрезе в пределах 30—50 г/л. Оптимальный расход реагентов при содержании глинистых частиц в воде 40—200 г/л равен 40—100 г/м³.

Обработка глинистых суспензий неорганическими кислотами тем более эффективна, чем меньше рН среды. Место иона водорода между трехвалентными катионами обусловлено спецификой по воздействию на глинистые минералы, причем эффективность действия соляной, азотной, серной кислот примерно одинакова. Скорость осветления глинистых суспензий резко увеличивается при расходе кислот, начиная с 40 мг/л. Применение кислот не привело к увеличению содержания в воде ионов SO_4^{2-} , что определяется их связыванием катионами кальция речной воды и образованием малорастворимого соединения CaSO_4 , выпадающего в осадок.

В последние годы КИЦМ предложил применять в качестве реагентов для осветления сточных вод дражных разработок

хлориды металлов — отходы титано-магниевого комбинатов. Они дешевы и имеются в неограниченном количестве. Существенной особенностью шлаков является большое содержание в них соединений кальция (25—60 %) при незначительном количестве щелочных металлов. Обработка глинистых суспензий стоками титано-магниевого производства резко увеличила скорость осаждения взвесей. Добавление уже 0,5 % объемной доли стоков снижает через 3 ч в 6—12 раз содержание минеральных частиц.

Эффективными коагулянтами являются, кроме перечисленных выше, Ca^{2+} — содержащие соединения и промышленные воды. К первым относятся известняковые породы, являющиеся часто плотиком или вмещающими россыпь породами на дражных разработках. При обработке сточных дражных вод известняком скорость осветления увеличивается в 1,3—3 раза по сравнению с необработанными промстоками. Ко вторым относятся шахтные сточные воды, содержащие ионы в концентрациях, достаточных для интенсивного осаждения взвешенных частиц дражных сточных вод. Так, благодаря содержанию в шахтных сточных водах ионов Ca^{2+} более 40 мг/л, создавался значительный коагулирующий эффект шахтных вод по отношению к глинистым суспензиям дражных разрезов.

Однако эпизодичность экспериментов по применению реагентов на дражных разработках (продолжительность испытаний составила от одного до нескольких дней, за редким исключением, нескольких месяцев) не позволяют сделать обобщающих заключений по основным направлениям реагентной обработки стоков (оптимальные расходы для различных горно-технических условий разработок, рациональные способы введения реагентов, влияние реагентов на дражное оборудование, технологические процессы и окружающую среду).

Таким образом, до настоящего времени применение химических способов в дражной практике является еще недостаточно изученным вопросом, требующим глубокого теоретического и практического изучения механизма взаимодействия взвесей и реагентов, использования эффективных и дешевых

реагентов, определения оптимальных доз не только с точки зрения экономичности производства, но и с точки зрения влияния химических реагентов на окружающую среду. В то же время для эффективного применения химических реагентов требуется глубокое знание вещественного состава твердой фазы сточных вод.

В связи с тем, что в нашей стране генеральным направлением охраны водоемов от загрязнения принимается организация работы предприятий по оборотному циклу водоснабжения, вопросам рациональной организации водоснабжения на дражных разработках в последние годы было посвящено несколько работ. Однако внедрение оборотного водоснабжения на дражных разработках россыпей приводит к целому ряду технических трудностей, в первую очередь, ухудшению работы обогатительного аппарата, связанному с сильным загрязнением воды в дражном разрезе, а также повышению себестоимости обработки 1 м горной массы. В связи с этим вопрос выбора оптимальных схем оборотного водоснабжения драг остается недостаточно изученным и требует дальнейшего развития.

В настоящее время при гидровскрышных работах с разработкой физико-химических способов интенсификации процесса осветления тонкодисперсной гидросмеси на гидроотвалах связаны лишь единичные исследования. Впервые производственные исследования интенсификации процесса гравитационного осветления тонкодисперсной глинистой гидросмеси на гидроотвалах были проведены за счет флокуляции ее полиакриламидом. Исследования показали, что добавление ПАВ в гидросмесь существенно увеличивает скорость ее осветления. Однако добавки ПАВ значительно ухудшают водоотдачу намываемых грунтов.

В связи с этим в настоящее время прекращено применение полиакриламида для очистки воды на гидроотвалах.

Как уже отмечалось выше, использование коагулянтов и флокулянтов не всегда эффективно, а в ряде случаев по различным причинам невозможно. Поэтому исследования по разработке безреагентных способов интенсификации процесса очистки воды на гидроотвалах за счет ее гравитационного отстаивания в пруду-отстойнике являются актуальными.

К числу таких безреагентных способов, прошедших испытания в натурных условиях на гидроотвалах, относятся электрическая и магнитная обработки гидросмеси перед поступлением ее на гидроотвалы. В результате опытно-промышленных испытаний установлено, что эффективность осветления гидросмеси повышается на 66 %. Технически эти способы реализуются путем присоединения соответствующих аппаратов к торцу отвального пульповода, в результате чего достигается прохождение гидросмеси через магнитное или электрическое поле перед поступлением ее на гидроотвал.

Недостатком такой электрической и магнитной обработки гидросмеси является низкая эффективность осветления. Одна из причин этого, по-видимому, в том, что гидросмесь, двигаясь с большой скоростью по трубопроводу, подвергается лишь кратковременному воздействию электромагнитного поля. Этого оказывается недостаточно для существенной деформации, как правило, значительного не скомпенсированного поверхностного заряда твердых частиц гидросмеси и, как следствие этого, недостаточным для их эффективной коагуляции.

С учетом требований экологии и Правил охраны поверхностных вод от загрязнений водоснабжение гидроустановок должно в основном осуществляться оборотной водой. Это способствует многократному использованию одной и той же воды и значительному уменьшению сброса ее во внешние воды. Как известно, эта вода забирается из пруда-отстойника гидроотвала, который имеет определенный размер. Тип и размеры отстойника должны удовлетворять заданным условиям, т.е. заданным нормам осветления воды.

Вопрос о нормах осветления оборотной воды при гидровскрышных работах все еще изучен недостаточно. Загрязненная вода приводит к увеличению износа оборудования и затрат на электроэнергию по насосным станциям.

В связи с безотлагательной необходимостью осуществления самых радикальных мер по охране окружающей среды при производстве горных работ, а также отсутствием достаточных зе-

мельных отводов под гидроотвалы вопрос очистки оборотной воды приобретает особую остроту.

В каждом конкретном случае выбор в пользу того или иного способа с точки зрения его экономичности и степени очистки воды должен производиться с учетом особенностей технологии гидроотвалообразования, а также исходных горно-технических данных.

Согласно отраслевым нормам технологического проектирования в оборотной воде допустимая концентрация твердых веществ должна быть не более 0,5 %, или 0,5 г/л (для насосов типа «Д»).

При проектировании гидровскрышных работ обеспечение потребного осветления воды в прудке часто сопряжено со значительными трудностями, так как условия водоосветления не являются постоянными, а исходные данные (расход воды, количество твердых частиц в воде и их состав, норма осветления и др.) для расчетов изменяются в большом диапазоне. Все это часто требует применения специальных способов интенсификации очистки воды в прудке-отстойнике.

Как уже отмечалось, применительно к технологии гидромеханизации прошли испытания такие безреагентные способы интенсификации гидроотвальных работ, как магнитная и электрическая обработки гидросмеси, добавки различных коагулянтов и флокулянтов перед поступлением ее на гидроотвалы. Все эти способы базируются на общей схеме осаждения — в начальный момент поступления частицы должны приблизиться и объединиться, а потом образовавшиеся из них агрегаты начнут с большой скоростью оседать. Вероятность же образования агрегатов есть функция концентрации частиц, температуры (т.е. влияния броуновской составляющей), толщины диффузного слоя или ξ -потенциала разницы гидравлических крупностей и т.д. Другими словами, вероятность образования агрегатов за счет объединения частиц на гидроотвале в естественных условиях достаточно мала. Этот факт является существенным недостатком известных способов.

3. ОЧИСТКА ВОДЫ ЭЛЕКТРОФОРЕЗОМ

Породные частицы в обычной воде в подавляющем большинстве случаев заряжены, как правило, одноименно (почти всегда отрицательно). Наличием у породных частиц в воде так называемого двойного электрического слоя обусловлено их передвижение в электрическом поле. Это явление, называемое электрофорезом, служит основой для разработки, позволяет достичь увеличения скорости разработки осаждения тонкодисперсных частиц без изменения их первоначальной крупности с последующей их электрокоагуляцией в прианодной зоне. Скорость осаждения заряженных породных частиц за счет электрофореза в электрическом поле пропорциональна их размеру, ξ -потенциалу, напряженности поля, ускорению свободного падения, плотности частиц и обратно пропорциональна динамической вязкости.

Основная идея состоит в использовании электрофоретического явления для увеличения скорости осаждения только тонкодисперсных минеральных частиц до определенной глубины и их последующей электрокоагуляции в природной зоне непосредственно места сброса воды из пруда-отстойника.

Вышеописанная идея положена в основу способа и технического устройства для его реализации, которые разработаны в МГИ. Для этого в водной среде пруда-отстойника наводится постоянное электрическое поле с помощью двух горизонтальных электродов. В результате воздействия электростатического поля на частицы верхнего слоя воды, идущей на слив, создается дополнительная электрофоретическая составляющая скорости осаждения этих частиц, одинаково направленная с гравитационной. Частицы, притягиваясь к аноду, ускоренно осаждаются до глубины его погружения без изменения их дисперсности и, концентрируясь в природной зоне, коагулируют как между собой, так и с противоположно заряженными коллоидами гидроксидов железа, которые являются продуктами электрохимического растворения анода. Вновь образованные агрегаты значительно

прочнее первоначальных минеральных частиц и имеют гораздо большую скорость осаждения. В итоге процесс очистки воды интенсифицируется.

В Московском государственном горном университете были проведены опытные работы и разработано специальное устройство, предназначенное для очистки электрофорезом с последующей коагуляцией воды, содержащей тонкодисперсные породы фракции, в отстойниках гидроотвалов.

В состав устройства входят следующие основные узлы: анод, катод, пульт управления, источник питания. Собственно рабочими элементами устройства являются кольцевые электроды, создающие постоянное поле (рис. 8.3).

Электроды — анод 1 и катод 2 располагаются в зоне водозаборного узла 3 и подключаются к источнику постоянного напряжения 4, снабженного пультом управления 6.

Материалом электродов служит стальная сеть П-5 из комплекта армейских станций (ячейка 10 см, диаметр проволоки 1 мм). Конструктивное устройство по ширине и длине окружности электродных колец разбивается на секции.

Так, анод по длине состоит из отдельных жестко соединенных секций и в сборе представляет собой плоское кольцо или правильный многоугольник, располагаемый ниже уровня водозабора параллельно зеркалу воды.

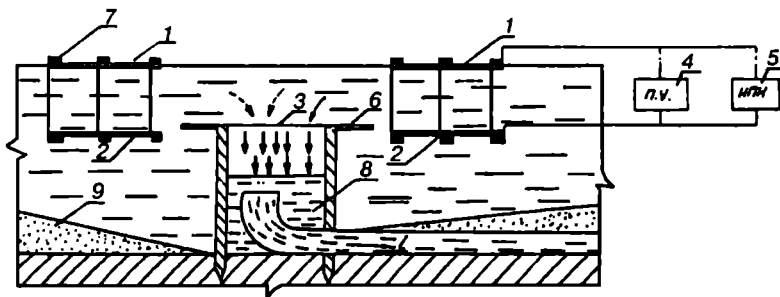


Рис. 8.3. Схема устройства для очистки воды электрофорезом:

1, 2 — соответственно анод и катод; 3 — водозаборное устройство; 4 — источник постоянного напряжения, 5 — пульт управления; 6 — кольцоделитель потока; 7 — поплавки; 8 — осветленная вода; 9 — намытый грунт

Катод также состоит из отдельных секций, гибко связанных между собой так, чтобы в сборе образовалась правильная коническая или пирамидальная поверхность. В целом, катод представляет собой воронку, горловина которой располагается на уровне водозабора, а основание на уровне зеркала воды.

Кроме того, по ширине анод и катод устройства разбиваются на смежные кольцевые секции, устанавливаемые с зазором (1—3) 10—2 м так, чтобы соответствующие секции анода и катода совмещались в плане. Совмещающиеся кольцевые секции электродов попарно подключаются к источнику с такими расчетными значениями постоянного напряжения, что в целом по ширине электродных колец в межэлектродном зазоре устройства поддерживается рациональное значение напряженности электростатического поля. Электроды удерживаются в нужном положении с помощью поплавков и растяжек. Материалом растяжек служит нейлоновый шнур, обладающий диэлектрическими свойствами. Пульт управления необходим для контроля и управления процессом электрофоретического осветления путем изменения подаваемого на электроды напряжения, а также для аварийного отключения напряжения в случае необходимости.

Устройство работает следующим образом.

Электродам 1 и 2 (см. рис. 8.3) посредством источника постоянного напряжения 4 сообщаются соответственно заряды противоположного и одинакового знаков с зарядами твердой фазы. Таким образом осуществляется электрообработка гидросмеси посредством электростатического поля, создаваемого между электродами 1 и 2, под воздействием которого заряженные частицы твердой фазы гидросмеси устремляются к заряженному равномерно с ними нижнему электроду 2 и тем самым удаляются из потока гидросмеси, поступающей в водозаборный узел 3.

Таким образом твердая фаза гидросмеси в процессе электрообработки под действием электрических сил созданного поля будет осаждаться до уровня нижнего электрода.

В процессе работы устройства его электроды находятся под напряжением. Изолировать их не представляется возможным, так как «корпусом» устройству служит сам пруд-отс-

тойник. Поэтому необходимо соблюдение специальных мер безопасности по предотвращению поражения живых объектов электрическим током при работе с напряжением более 42 В (ГОСТ 12.1.019—79).

В зависимости от способов удаления оборотной воды из пруда-отстойника автором работы предлагаются четыре схемы использования устройства для очистки оборотной воды.

СХЕМА 1. Способ отвода воды через шандорный колодец (рис. 8.4, а). При данной схеме устройство для очистки оборотной воды представляет собой два сплошных электродных кольца (анод и катод), которые размещаются соосно с шандорным колодцем и удерживаются в рабочем положении с помощью поплавков и растяжек. Конструктивные и режимные параметры устройства рассчитываются согласно вышеприведенной методике.

СХЕМА 2. Способ отвода воды через водоотводной канал (рис. 8.4, б). При такой схеме осадительные электроды устройства должны иметь прямоугольную форму и перегораживать канал на всю его ширину, т.е. ширина должна соответствовать ширине канала. Длина сеток и режим электрообработки определяются расчетом из методики.

СХЕМА 3. Способ отвода воды с помощью плавучей насосной станции (рис. 8.4, в). В этом случае, как и по схеме 1, осадительные электродные устройства имеют кольцевую форму и размещаются соосно с водозаборными патрубками насосных станций.

СХЕМА 4. Способ отвода воды с помощью береговой насосной станции. При данной схеме осадительные электроды имеют форму сектора, как представлено на рис. 8.4, г. Расчет конструктивных параметров производится аналогично схемам 1—3.

Устройство для очистки оборотной воды для конкретной схемы водозабора должно применяться в определенных модификациях или с дополнительными приспособлениями. В том случае, если используются насосные станции, их всасывающие

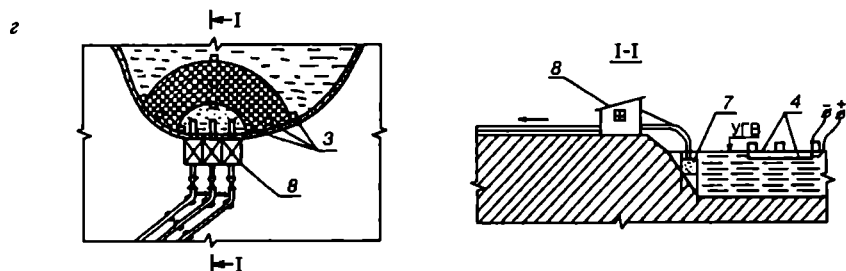
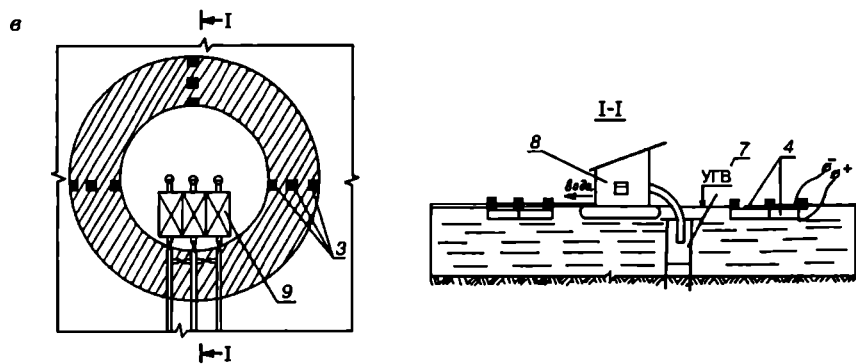
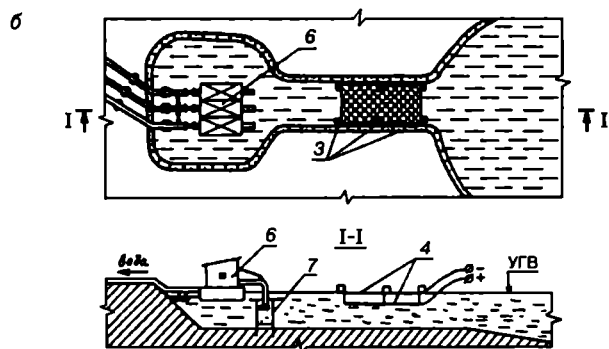
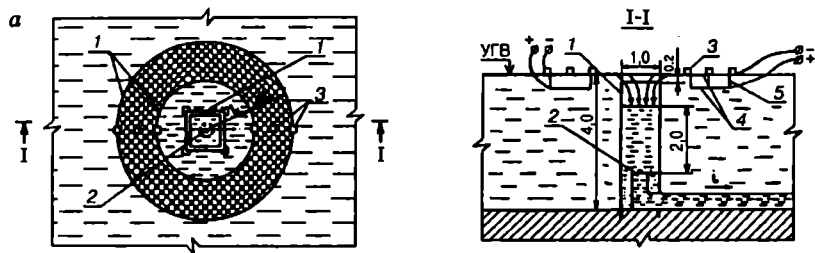
патрубки необходимо оборудовать дополнительными приспособлениями: водозаборными устройствами, схематично представленными на рис. 8.4. Данное водозаборное устройство представляет собой сварной круглой или другой формы сплошной металлический стакан или трубу, который вертикально устанавливается на дно водоема соосно с помещенным в него всасывающим патрубком насосной станции. При этом водозаборное устройство погружается в водоем на определенную глубину (назначается расчетом), отсчитываемую от его верхней кромки с тем, чтобы обеспечивалось непрерывное естественное наполнение взамен откачиваемой из него воды. При работе с таким водозаборным устройством будет достигаться условие вовлечения в оборот только поверхностного слоя воды. С целью исключения попадания в оборот неочищенных нижележащих слоев воды за счет эжекции, на верхней кромке водозаборного устройства крепится сплошное металлическое кольцо-отсекатель шириной до 1—1,5 м.

Основными конструктивными параметрами водозаборного устройства являются его диаметр (D) и глубина погружения (H_n), отсчитываемая от верхней кромки или, что то же самое — высота перелива воды.

Ниже приведены некоторые комбинации искомых параметров (D , H_n), полученные в результате расчета для двух вариантов:

Рис. 8.4. Схемы осветления оборотной воды в прудке-отстойнике электрофорезом:

а — с шандорным колодезем; *б* — с плавучей насосной станцией и с водоотводной канавой; *в* — с плавучей насосной станцией в прудке-отстойнике; *г* — с береговой насосной станцией; 1 — шандорный колодец; 2 — водосбросная труба; 3 — поплавки; 4 — металлические сетки; 5 — диэлектрические тросы; 6 — плавучая насосная станция в водоотводной канаве; 7 — специальное водозаборное устройство насосной станции; 8 — береговая насосная станция; 9 — плавучая насосная станция в пруде-отстойнике



I — производительность насосной станции Д-4000-95 составляет $1,1 \text{ м}^3/\text{с}$, а диаметр всасывающего патрубка $0,35 \text{ м}$;
 II — производительность насосной станции ЦН 3000/197 — $0,9 \text{ м}^3/\text{с}$, диаметр всасывающего патрубка $0,35 \text{ м}$.

Вариант I		Вариант II	
Д, м	$H_{\text{п}}$	Д, м	$H_{\text{п}}$
1,0	0,17	1,0	1,10
1,2	0,07	1,2	0,05
1,4	0,04	1,4	0,02
1,6	0,02	1,6	0,01
2,0	0,01	2,0	0,005

Как видно из приведенных комбинаций $H_{\text{п}}$ и D , для сооружения водозаборного устройства целесообразно использовать уже существующие типовые металлические трубы диаметром $1000\text{—}2000 \text{ мм}$, заваренные с одного конца наглухо. При этом так же, как и при водосбросных колодцах, электрофоретической обработке достаточно подвергать поверхностный слой воды (толщиной $0,04\text{—}0,20 \text{ м}$), идущий на слив.

Если обратная вода удаляется из пруда-отстойника с помощью канала, то в устье на всю его ширину подвешиваются две сетки, например, типа П-5 из комплекта армейских поражающих станций, обладающие повышенной легкостью и прочностью. Сетки, являющиеся электродами электрофоретического устройства, укрепляются в воде вдоль ее зеркала. Причем верхняя сетка — катод — по поверхности воды, а нижняя — анод — на определенной из расчета глубине. Аналогично вышеизложенной методике производится расчет длины осаждения электродных сеток. При этом ширина их задается шириной канала. Расстояние между сетками должно соответствовать высоте перелива воды в водозаборное устройство.

Использование электрофоретического эффекта с последующей электрокоагуляцией непосредственно в самом пруду-отстойнике для интенсификации процесса очистки воды по сравнению с упомянутыми способами является более прогрессивным и имеет существенные преимущества, а именно:

- ♦ снижение затрат энергии и материалов на обработку пород за счет воздействия только на их тонкодисперсные фракции;
- ♦ низкие значения параметров электрофоретической обработки в связи с возможностью длительного воздействия электрического поля на осветляемую воду;
- ♦ повышение скорости осаждения частиц без изменения их дисперсности до заданной глубины;
- ♦ наличие зоны в отстойнике гидроотвала, благоприятной для коагуляции (зоны анода).

Кроме того, использование предлагаемого способа тем более эффективно, чем менее благоприятно состояние гидросмеси для коагуляции другими способами, так как тем благоприятнее оно для осаждения электрофорезом. Суть заключается в том, что чем больше диффузионный слой вокруг коллоидных частиц (или их ξ -потенциал), тем хуже протекает их коагуляция, но тем больше электрофоретическая скорость их перемещения.

Промышленное использование электрофореза с последующей электрокоагуляцией применительно к условиям намыва тонкодисперсных пород может положить основу направленного складирования горной массы в гидроотвалы.

Раздел IX

ПРОДЛЕНИЕ СЕЗОНА ГИДРО- МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ В СЛОЖНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

1. Общие сведения
о гидромеханизированных работах
в зимних условиях
 2. Работа гидромониторно-
землесосных комплексов в зимних
условиях
 3. Работа земснарядов в зимних
условиях
 4. Работа многочерпаковых драг
в зимних условиях
-

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТАХ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Работы, проведенные способом гидромеханизации в зимних условиях, показали, что использование гидромеханизации зимой сокращает сроки строительства, уменьшает административно-хозяйственные расходы (в годовом балансе) и расходы, связанные с зимней консервацией оборудования. В связи с этим, несмотря на некоторое повышение стоимости единицы разрабатываемого грунта зимой, общая стоимость работ снижается.

Производство работ методом гидромеханизации в зимний период должно быть обосновано технико-экономическим расчетом. При этом необходимо выполнить ряд теплотехнических расчетов и провести некоторые технологические и организационные мероприятия, обеспечивающие успешное проведение работ.

К организационным мероприятиям относится в первую очередь составление специального проекта организации производства работ в зимних условиях. Такой проект составляют отдельно от проекта летнего сезона. В него должны входить порядок разработки карьеров, все необходимые мероприятия по утеплению, порядок намыва и т.д.; все расчеты следует проводить с учетом теплотехнических характеристик грунтов.

К основным технологическим мероприятиям, обеспечивающим успешное применение гидромеханизации в зимних условиях, относятся следующие:

1] Предохранение от промерзания грунтов в карьерах, предназначенных для разработки в зимнее время, и подготовка оборудования для разработки и транспорта грунта при отрицательных температурах;

2] Обеспечение утепления пульповодов и устройств на них выпусков гидросмеси при возможных длительных перерывах в подаче гидросмеси;

3

Содержание майн при земснарядах незамерзающими;

4

Строгое выполнение всех работ, обеспечивающих намыв грунта в тело сооружений без замыва больших массивов льда и значительно промерзшего грунта.

Кроме того, целесообразно иметь график, составленный заранее путем соответствующих теплотехнических расчетов и показывающий, какой толщины слой промерзшего грунта, при какой температуре воздуха и гидросмеси, в течение какой продолжительности последующего намыва растает под слоем намытого грунта.

Проведение перечисленных и других организационных и технологических мероприятий способствует успешному производству зимних работ методом гидромеханизации.

2. РАБОТА ГИДРОМОНИТОРНО-ЗЕМЛЕСОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

При разработке грунта гидромониторами в зимних условиях увеличивают напор струи у насадки на 30—50 % против летнего. Подвигание забоя должно быть не менее 0,2 м/ч при ширине проходки не более 12 м. Шаг передвижки гидромонитора уменьшают, число передвижек увеличивают. Уклоны пульпоприемных канав в зимнее время должны быть более крутыми, чем в теплое время года (табл. 9.1).

Продолжительность технологических или аварийных перерывов в работе должна быть минимальной; размыв грунта в забое следует начинать сразу же после его обрушения (табл. 9.2).

ВОДОСНАБЖЕНИЕ ГИДРОУСТАНОВОК. В отличие от традиционных представлений о режиме работы центробежных насосов в сети с водоводами гидравлическая характеристика оледеневших водоводов имеет вогнутую форму с минимумом потерь напора при некотором расходе. При этом увеличение гидравлических потерь напора объясняется интенсивным обледе-

Таблица 9.1

**Уклоны пульпоприемных канав
при работе в зимний период**

Грунт	Водопроизводительность гидромонитора, м ³ /ч (л/с)		
	360 (100)	720 (200)	1080 (300)
Песок	0,048	0,043	0,040
Супесь	0,045	0,041	0,088
Суглинок:			
легкий	0,042	0,038	0,035
тяжелый	0,38	0,033	0,027
Глина:			
полужирная	0,33	0,028	0,022
жирная	0,30	0,026	0,020

Таблица 9.2

**Максимальная продолжительность перерывов (ч)
в работе гидромонитора**

Грунт	Температура воздуха, °С		
	до -10	-10...-20	-20...-40
Глина Суглинок Супесь Песок	Продолжительность перерывов из условия недопустимости образования мощного слоя мерзлоты в забое		
	4(2)	3(1,5)	0,5(0,2)
	5(2,5)	4(2)	0,7(0,3)
	8(4)	6(3)	1(0,5)
	16(8)	12(6)	2(1)
Связный Несвязный	Продолжительность перерывов между обрушением талого грунта в забой и началом его размыва		
	24(12)	18(9)	3(1,5)
	36(18)	24(12)	6(4)
Примечание. В скобках указана продолжительность перерывов при сильном ветре.			

нением труб при малом расходе пропускаемой воды, т.е. уменьшением площади живого сечения. В зимний период трудно обеспечить непрерывность работы водоводов. После прекращения подачи воды на внутренних стенках наполненных труб неизбежно намерзает некоторый слой льда. В этом случае избежать аварийной ситуации возможно при соблюдении следующих требований. Продолжительность нахождения наполненных труб без движения воды не должна превышать расчетного времени. До стабилизации теплового режима останавливать водовод нельзя (стабилизация наступает после подачи примерно 20-кратного объема воды, заключенного в трубопроводе). Вся фасонная арматура (вентили, температурные компенсаторы и др.) должна быть утеплена.

В периоды с неустойчивой температурой воздуха водоводы должны опорожняться сразу после остановки. С целью предупреждения разрыва труб из-за изменения их длины при понижении температуры воздуха трубопроводы должны иметь температурные компенсаторы.

ПОДГОТОВКА ПОРОД К РАЗМЫВУ. Эффективность размыва пород в зимний период в значительной степени зависит от величины промерзания рабочей площадки уступа. При этом процесс промерзания сопровождается изменением физикомеханических свойств пород. В результате на поверхности образуется монолитная масса, трудно поддающаяся разрушению. После подмыва подстилающей талой породы мерзлый слой сначала нависает в виде козырьков, а затем отдельными глыбами обрушивается в забой, перекрывая талые породы и затрудняя маневрирование гидромониторами.

Для облегчения разработки пород в зимний период проводят одно из следующих подготовительных мероприятий: с осени предохраняют породу от промерзания, оттаивают мерзлый слой породы, разрыхляют мерзлоту. Предохранять поверхность уступов от промерзания можно путем замедления процесса промерзания пород, что достигается уменьшением теплопроводности пород их рыхлением в осенний период, применением теплоизоляционных покрытий, засолением пород. Рыхление пород трак-

торными рыхлителями эффективно для участков карьера, разрабатываемых в первые 1—1,5 мес. зимнего периода. Для участков, подлежащих разработке в более позднее время, целесообразно применять утепление. В качестве утеплителей могут применяться снег, сухой торф, хвоя, опилки и др. При выборе способа утепления необходимо учитывать наличие теплоизоляционных материалов, их стоимость, дальность доставки. Наиболее простым и дешевым является способ утепления снегом. Для задержания снега используются переносные щиты, пленки, снежные валы и срубленные ветки. Просветленность переносных щитов принимается равной 60—70 %, что обеспечивает низкую и пологую форму образуемого снежного вала.

В качестве утеплителя применяют также искусственный снег, получаемый путем распыления воды на капли, которые при замерзании образуют пористый снег. В настоящее время искусственный снег находит широкое применение в Канаде для предохранения грунтовых плотин гидроузлов в процессе их возведения. Утепление недренирующей поверхности успешно может быть осуществлено устройством льдо-воздушного покрытия. Сущность этого способа заключается в следующем. Поверхность, намечаемая к утеплению, обваловывается небольшими дамбами высотой около 1 м. В обвалованном пространстве в шахматном порядке на расстоянии 1—1,5 м забивают колья. При наступлении заморозков обвалованное пространство заливается водой на высоту 0,7—0,8 м. Когда слой льда достигает толщины 10—12 см, уровень воды в обвалованном пространстве понижается на 5—10 см, и операция по намораживанию льда повторяется. Число слоев льда должно быть не менее трех. Льдовоздушное утепление предохраняет от промерзания. По мере подвигания фронта работ лед скалывается. Для предохранения утепленного участка от попадания холодного воздуха после скола льда производится засыпка скалываемой полосы снегом или другим утеплительным материалом.

На некоторых карьерах для утепления верхней площадки уступа применяют быстротвердеющую пену, в состав которой входят мочевиноформальдегидные смолы (40—50 % по объе-

му), пенообразователь ПО-1 (4—5 %), соляная кислота (3—4 %), вода и воздух (40—50 %).

Промерзание откоса уступа зависит в основном от свойств породы, времени промерзания, силы и направления ветра. Примерная продолжительность остановки работ без опасения образования на поверхности откоса трудноразмываемого мерзлого слоя в глинистых и суглинистых породах при высоте уступа 8—16 м характеризуется следующими данными.

Температура воздуха, °С

Продолжительность
остановки, сут

До -10 (без ветра)..... 4

То же (при сильном ветре) 2

От -10 до -20 (без ветра) 3

То же (при сильном ветре) 1,5—2

Предохранение уступа от промерзания возможно путем засоления породы раствором NaCl или CaCl. Для проведения этого мероприятия требуется разрешение соответствующих органов охраны природы. Засоление талой породы возможно равномерной посыпкой соли на поверхности перед осенними дождями, перемешиванием верхнего слоя с солью, разливом раствора в лунки глубиной 10—20 см. Предпочтение следует отдавать перемешиванию соли с верхним слоем породы. В этом случае работы ведут в следующей последовательности. Бульдозером снимают растительный слой и планируют поверхность. Выгружают соль и разравнивают ее бульдозером. Перемешивают верхний слой породы с рассыпанной солью на глубину 15—25 см путем вспахивания или рыхления. Эта операция позволяет предохранить соль от частичного вымывания выпадающими осадками и способствует более равномерному засолению пород. Засоление рекомендуется проводить за 2—4 недели до заморозков.

Для оттаивания мерзлой породы применяется электрооттаивание (низковольтное, высоковольтное и высоко частотное, оттаивание при помощи специальных тепляков, горелок, паровых

или водяных игл, радиационное, оттаивание горячим раствором соли, заливаемым в скважины или шпурсы после очистки поверхности от снега и льда).

РАЗМЫВ ПОРОД ГИДРОМОНИТОРАМИ. Глинистые талые породы средней влажности, обрушенные на нижнюю площадку уступа, интенсивно промерзают при температуре воздуха ниже -25°C . Смыв таких пород, подверженных промерзанию в течение 1,5 сут при температуре до минус 15°C , больших осложнений не вызывает. Вода, попадая в талую породу или между глыбами мерзлой породы, быстро замерзает, образуя наледи, которые затем трудно размывать. Образование наледей происходит при отделении капель воды от струи гидромонитора, разбрызгивании струи в результате сильного ветра или же при ударе струи о замерзшую породу. При температуре воздуха от -15 до -20°C толщина слоя наледи достигает 8 см. При температуре воздуха от -20 до -30°C толщина слоя наледи возрастает до 25 см. Установлено, что наледь, образующаяся при размыве пород, имеет вначале слабую кристаллическую структуру. В дальнейшем через 2—3 сут она упрочняется и размывается с большим трудом. Поэтому наледи должны размываться в начале процесса кристаллизации льда.

Для уменьшения глубины промерзания породы в забое суточное продвижение фронта работ должно быть не менее 2 м.

Размыв пород в зимний период состоит в следующем. Подрезку пород следует производить с таким расчетом, чтобы обрушенный объем пород легко смывался тем же гидромонитором в течение 1—2 смен. В забоях, где наблюдаются сильные ветры, с подветренной стороны необходимо устанавливать щиты для уменьшения разбрызгивания струи, так как водяные брызги способствуют росту наледей. При подрезке следует избегать скопления воды на нижней площадке уступа. Она ослабляет ударную силу струи и, смерзаясь на поверхности породы, затрудняет ее размыв. Напор воды на насадках гидромониторов необходимо повышать на 15—20 %. Подрезку откосов уступа следует вести с таким расчетом, чтобы обеспечить равномерное перемещение всего фронта работ. При смыве обрушенной поро-

ды необходимо струю направлять таким образом, чтобы она не скользила по поверхности навала, так как в этом случае эффективность смыва снижается и образуются наледи. Струя воды должна работать на срез. Не рекомендуется при смыве обрушенной породы часто менять направление струи гидромонитора, так как это приводит к оставлению части воды в навале немытой породы, которая, замерзая, затрудняет дальнейший размыв. Кроме того, при такой работе образуются наледи за счет разбрызгивания струи гидромонитора. Смыв породы следует проводить так, чтобы струя производила пульпообразование в одном месте и пульпа концентрированным потоком направлялась к пульпоприемной канаве. Все соединения на гидромониторе не должны пропускать воду, так как вытекающая вода, замерзая, ограничивает его подвижность. Для спуска воды из гидромониторов устанавливают специальные ниппели. Шаровой шарнир и соединения гидромонитора должны прикрываться брезентовым фартуком для защиты от брызг при случайном прорыве прокладок. Транспортирование пульпы от места размыва к зумпфу следует производить наиболее работоспособным концентрированным потоком.

ГИДРОТРАНСПОРТ. В зимний период рекомендуется утеплять пульповоды. Учитывая относительно малый срок службы пульповодов, утеплять их рекомендуется наиболее дешевыми способами (например, снегазадержанием при помощи щитов или надвиганием снега бульдозером). В районах с небольшим покровом снега целесообразным является утепление пульповодов путем намораживания льда на наружных стенках с помощью гибких шлангов с распылительными головками. Особенно неблагоприятные условия эксплуатации пульповодов возникают из-за прерывного характера движения гидросмеси. При этом может возникнуть внутреннее оледенение пульповодов.

Во время перерывов в работе пульповодов гидросмесь интенсивно замерзает. Для предотвращения полного замерзания пульповодов время перерывов в их работе без опорожнения не должно превышать определенной продолжительности. В случае частичного промерзания гидросмеси применяется обогревание про-

мерзших мест трубопровода движущейся водой и теплоактивной смесью, а также электрооттаивание замерзших участков труб.

ГИДРООТВАЛООБРАЗОВАНИЕ. Гидроотвалообразование в зимний период значительно осложняется в результате образования льда на поверхности гидроотвалов.

Различают технологическую и сезонную мерзлоту. Мерзлота, кратковременно образующаяся в процессе намыва, называется технологической. Мерзлота, которая образуется на поверхности гидроотвалов и по их бортам во время перерыва в намыве, называется сезонной.

Известно, что физические процессы промерзания и оттаивания пород по интенсивности и характеру протекания неравномерны в пределах участка намыва. Это обусловлено разной интенсивностью инфильтрации воды из-за продольного фракционирования горной массы, изменением теплосодержания гидросмеси при ее движении по пляжу и другими факторами. В результате на поверхности гидроотвалов может образовываться технологическая мерзлота. Мощность слоев мерзлой породы на гидроотвалах зависит от продолжительности технологических перерывов и климатических условий в этот период.

Характер и интенсивность образования слоистой мерзлоты обусловлены в основном отклонениями от технологических режимов укладки: холостыми прокачками воды без ее отвода с участков намыва, часто повторяющимися перерывами в намыве с предварительной промывкой труб водой и др.

К гидроотвалообразованию предъявляются следующие требования:

- ◆ укладку породы следует начинать до заморозков на непромерзшее основание;
- ◆ промерзшая порода убирается до талой породы;
- ◆ гидросмесь должна подаваться без длительных перерывов (рекомендуется намыв одного участка вести не менее чем двумя гидроустановками);
- ◆ участок намыва должен обваловываться талой породой;
- ◆ гидросмесь в зоне намыва следует сбрасывать по возможности ближе к дамбе обвалования и с повышенной консистенцией.

При подводном намыве породы укладываются преимущественно под лед торцевым способом. В надводную часть намывных сооружений и сооружений, возводимых на сухом основании, породы укладываются по двусторонней или односторонней схеме. В зимний период подводный торцевой намыв производится путем подачи гидросмеси под лед через проруби. Этот способ может быть рекомендован для укладки пород в подводные отвалы.

Минимально допустимая толщина льда, с которого осуществляется намыв, устанавливается из условий техники безопасности при работе на льду ледорезных машин и транспортно-кранового оборудования. Пульповод укладывается на поверхности льда по деревянным лежням.

3. РАБОТА ЗЕМСНАРЯДОВ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Работы в зимних условиях выполняют по специальному проекту производства работ с обоснованием его технико-экономическим расчетом. Минимальная допускаемая температура воздуха определяется технологией производства работ, применяемым оборудованием, местными условиями и составляет, как правило, не ниже $-15...-20^{\circ}\text{C}$.

Для работы в зимних условиях следует отводить участки карьера с песчаными грунтами, не засоренными пнями, валунами, без глинистых и сцементированных прослоек, с максимальной высотой подводного и надводного забоев, вблизи от берега и места укладки грунта. Дренирующие песчаные грунты обеспечивают хорошую подпитку карьера грунтовыми водами.

Подготовительные работы выполняют заблаговременно, до наступления морозов. Осенью удаляют растительный слой, вскрышу. Для предохранения карьера от недопустимого по условиям работы земснаряда промерзания следует производить вспашку грунта на глубину 20...30 см, снегозадержание, устройство ледовоздушного покрытия, рыхление мерзлого грунта и т.д.

Пульпопроводы выравнивают в вертикальной плоскости с приданием им уклона, необходимого для опорожнения их через выпуски, проверяют герметичность стыков и т.д.

Первичное обвалование максимально возможной высоты должно быть выполнено до наступления морозов. В зимнее время дамбы обвалования возмодят из талого грунта. Земснаряд и другие установки, а также пульпопроводы утепляют.

Вскрытие ледяного покрова осуществляют механическим (разработка льда вручную, ледорезными машинами, вспомогательным ледокольным судном, корпусом земснаряда и т.д.), тепловым или смешанным (струей воды и др.) способом.

Майну обычно поддерживают постоянной циркуляцией воды потокообразователями — агрегатами, устроенными по принципу устройства низконапорных осевых насосов. Наибольшее применение имеют потокообразователи конструкции объединения «Трансгидромеханизация» (типа ПО-2200) с цилиндрическим проточным узлом и конструкции Новосибирского отделения ВНИИ транспортного строительства (СибцНИИС) с раструбным входом воды (ПО-3500) (табл. 9.3).

Ширина майны вокруг земснаряда и звеньев плавучего пульпопровода должна быть не меньше их пятикратной ширины.

Таблица 9.3

Техническая характеристика потокообразователей

Параметр	Марка потокообразователя		
	ПО-1000	ПО-2200	ПО-3500
Водопроизводительность, м ³ /ч	1200	2200	3500
Мощность электропривода, кВт	14	28	40
Частота вращения гидравлического винта, об/мин	940	940	735
Выходная скорость струи, м/с	5	5,1	4,2
Диаметр среза сопла, мм	310	430	515
Масса, т	1,5	2,4	3,0

4. РАБОТА МНОГОЧЕРПАКОВЫХ ДРАГ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

В последнее время все шире разрабатываются сложные по составу россыпи, расположенные в труднодоступных малоосвоенных районах с суровыми климатическими условиями. В связи с этим приобретают важное значение вопросы определения рациональной продолжительности дражного сезона, которые требуют тщательного обоснования с целью обеспечения высоких технико-экономических показателей работы драг.

Рациональная продолжительность дражного сезона и эффективность добычных работ зависят от технического состояния драги, качественной характеристики и степени подготовленности промышленных запасов к выемке, системы водоснабжения дражного разреза и климатических условий. В зависимости от преобладающего влияния того или иного фактора продолжительность дражного сезона практически может быть строго ограничена по техническим соображениям. Так, ограничение может быть установлено по климатическим условиям (например, по критической температуре воздуха, при которой с точки зрения хладостойкости конструктивных элементов не обеспечивается безопасная эксплуатация драги и дальнейшее продление дражного сезона недопустимо). Важным фактором является мощность драги. Так, драги большой мощности способны работать продолжительное время при весьма низкой температуре воздуха. Многочисленные наблюдения за работой драг в различные периоды показывают, что необоснованное продление дражного сезона не всегда позволяет достичь высокого экономического эффекта. Это объясняется тем, что эксплуатационные затраты при температуре ниже минус 20—25 °С резко увеличиваются, а годовая производительность драги по добыче металла увеличивается незначительно. В результате среднесуточный намыв металла за год уменьшается, а его себестоимость возрастает. Поэтому задача определения рациональной продолжительности дражного сезона для каждого россыпного района с целью снижения эксплуатационных затрат и увеличения объема добычи металла является весьма актуальной.

Сравнение показателей работы драг ранней весной и поздней осенью с показателями в летние месяцы показывает, что при надлежащей подготовке полигонов более рационально продлевать дражный сезон за счет раннего весеннего периода. Начало дражного сезона в каждом конкретном случае должно устанавливаться на основе всесторонних технических и экономических расчетов. В практике имели место случаи, когда необоснованное продление дражного сезона вызывало увеличение себестоимости металла, полученного за дополнительные сутки работы драг, в 2,5 раза. В связи с этим в северных районах следует стремиться к продлению дражного сезона за счет более раннего пуска драг, так как в этом случае ежедневное увеличение температуры воздуха будет в значительной степени способствовать повышению эффективности работы драг. Целесообразность продления дражного сезона за счет осенне-зимнего периода, когда температура воздуха снижается ниже минус 25—30 °С, должна быть в каждом конкретном случае обоснована с учетом особенностей россыпи, надежности конструктивных элементов драги с точки зрения износа и холодостойкости, условий водоснабжения разреза и возможности удаления образующихся в разрезе шуги и льда.

Дражный сезон обычно начинается с наступлением весеннего потепления (март—апрель) и завершается с наступлением холодного периода с температурой ниже минус 25—30 °С (ноябрь—декабрь).

Для установления экономически целесообразной продолжительности дражного сезона необходимо определить следующее:

- ♦ объем песков, который может быть добыт и переработан за период продления дражного сезона; для этого должен быть составлен нормальный баланс использования рабочего времени за данный период, т.е. установлены число часов чистой работы драги в сутки, число дней, за счет которых планируется продлить сезон, и продолжительность остановок на проведение планово-предупредительного ремонта; для определения объема песков необходимо расчетное время чистой работы драги за период продления дражного се-

зона умножить на расчетную производительность драги за час непрерывной работы;

- ◆ экономию средств по статьям затрат, зависящих от продолжительности дражного сезона и удельного веса условно постоянных затрат на добычу 1 м^3 песков;
- ◆ максимально допустимые затраты на добычу и переработку 1 м^3 песков за период продления дражного сезона;
- ◆ удельный вес условно постоянных затрат при фактически сложившейся продолжительности дражного сезона;
- ◆ суточные затраты на драгу при сложившейся продолжительности дражного сезона;
- ◆ минимально допустимую суточную производительность драги за период продления дражного сезона;
- ◆ затраты на добычу и переработку 1 м^3 песков за период продления дражного сезона.

На основании полученных расчетных значений строится график изменения возможной и минимально допустимой суточной производительности драги. Точки пересечения кривых на графике определяют рациональную продолжительность дражного сезона.

Из сказанного выше следует, что указанная методика не позволяет во всех случаях определить рациональную продолжительность дражного сезона. Критерием при определении рациональной продолжительности дражного сезона являются объем добычи металла и его себестоимость, обеспечивающие либо прибыльную, либо безубыточную разработку россыпи. Имеется предложенная В.Г. Лешковым методика аналитического расчета рациональной продолжительности дражного сезона для различных районов страны, основанная на комплексном учете факторов, влияющих на эффективность дражных работ.

Анализ фактической себестоимости при дражной разработке россыпей показывает, что продление дражного сезона и вызванное этим изменение суммарного объема полученной продукции оказывают различное влияние на структуру удельных эксплуатационных затрат и конечную себестоимость металла.

**ОХРАНА
И ВОССТАНОВЛЕНИЕ
ОКРУЖАЮЩЕЙ
ПРИРОДНОЙ
СРЕДЫ**

1. Разработка месторождений
средствами гидромеханизации
 2. Дрaжная разработка
россыпных месторождений
-

1. РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ СРЕДСТВАМИ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

1.1. Общие положения

Гидромеханизированный способ производства работ по сравнению с экскавационным является более экономичным и эффективным в отношении охраны окружающей среды. Разработка русловых карьеров и дноуглубительные работы улучшают состояние рек. Очистка водотоков, водоемов и каналов от загрязнений и наносов способствует восстановлению их естественного состояния. Образование пойменных наливных территорий под застройку позволяет осваивать непригодные земли. Сооружение насыпей дорог с пляжными откосами в затапливаемых поймах рек в Западной Сибири позволяет ограничить распространение притрассовых болот, использовать широкие пляжные откосы насыпей для строительства высоковольтных линий электропередачи и т.д. и уменьшить объемы рубки просек. Способ гидромеханизации дает возможность применения ускоренной и эффективной рекультивации карьеров и их многоцелевое водопользование.

Основными мероприятиями по охране недр и рациональному использованию природных ресурсов являются: снижение потерь грунта в недрах из-за недобора или просора и более полная выемка грунтов по глубине за счет улучшения грунтозабора, применения специальных грунтозаборных и эжектирующих устройств, погружных грунтовых насосов, а также снижение горизонта воды в карьере, что способствует более полной выемке запасов грунта и сокращению площади земельных отводов; обязательное снятие, сохранение и последующее нанесение плодородного слоя почвы на рекультивируемые земли в карьерах, при подготовке основания дорог и других сооружений в соответст-

вии с проектом; первоочередное строительство дорог и подъездов к объектам работ, карьерам, так как проезд по целине повреждает почву, растительность.

1.2. Охрана поверхностных вод при гидромеханизации горных работ

Пользование водными объектами для сброса промышленных и других сточных вод, а также производство горных работ по добыче полезных ископаемых возможно только с разрешения органов по регулированию использования и охране вод и после согласования с органами, осуществляющими государственный санитарный надзор, охрану рыбных запасов, и с другими заинтересованными организациями.

Владельцы средств водного транспорта, трубопроводов, плавучих и других сооружений на водных объектах обязаны не допускать загрязнения и засорения вод и ледяного покрова водоемов производственными и другими отходами, а также нефтяными продуктами, смыв которых приведет к ухудшению качества поверхностных и подземных вод. Лица, виновные в нарушении водного законодательства (загрязнение или засорение вод, самовольное производство гидротехнических работ и т.д.), несут административную или уголовную ответственность.

Одним из важных инструктивных документов являются Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Для предохранения водных объектов от загрязнения Правилами установлен перечень нормативных показателей, определяющих состав и свойства воды в пунктах водопользования, которые должны соответствовать установленным нормативам, а предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ и сбросов (ПДС) загрязняющих веществ в водные объекты должны строго соблюдаться.

Нормативы качества воды в указанных Правилах приведены для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового, а также рыбохозяйственного водопользования. Водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования раз-

делены на две категории. К I категории относятся водные объекты, которые используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности, ко II — водные объекты, используемые для купания, спорта и отдыха населения, а также водоемы в черте населенных мест.

Согласно Правилам охраны поверхностных вод содержание взвешенных веществ в водных объектах I и II категорий не должно увеличиваться соответственно более чем на 0,25 и 0,75 мг/л по сравнению с природным содержанием. Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания взвешенных веществ в воде в пределах 5 %. Запрещается спускать в проточные водоемы воды, содержащие взвеси со скоростью осаждения более 0,4 мм/с, а в водохранилища — взвеси со скоростью осаждения более 0,2 мм/с.

Состав и свойства воды водных объектов должны соответствовать указанным нормативам в створе, расположенном на водотоках в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор, места купания и т.д.), а на непроточных водоемах и водохранилищах — в створах, находящихся в одном километре по обе стороны пункта водопользования. При сбросе сточных вод в черте города (населенного пункта) требования к составу и свойствам воды должны относиться к самим сточным водам.

При рыбохозяйственном водопользовании к I категории относятся водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду, ко II — водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей. Состав и свойства воды должны удовлетворять рыбохозяйственным требованиям в зависимости от условий смешения, либо непосредственно в месте выпуска, либо в створе, определяемом в каждом конкретном случае органами рыбоохраны, но расположенном не далее чем в 500 м от места выпуска.

Основные мероприятия по предохранению (уменьшению) загрязнения водных объектов сточными водами при гидромеханизированных работах:

- ♦ применение системы обратного и повторного водоснабжения, для чего сброс отработанной воды с карт намыва и установок гидроклассификации грунтов осуществляют в выработанное пространство карьеров, которые играют роль отстойников. При разработке пойменных карьеров со стороны реки оставляют целик шириной 30...50 м для сохранения береговой системы. Карьер отделяют от реки перемычкой, устраиваемой в траншее. Для регулирования уровня воды в карьере в перемычке укладывают трубу с задвижкой;
- ♦ устройство береговых отстойников для осветления сбросной воды, в том числе отстойников с применением коагулянтов и флокулянтов для осаждения мелкодисперсных грунтов;
- ♦ содержание в исправности плавучего пульпопровода;
- ♦ недопущение засорения водоема, в том числе подсланевыми и бытовыми водами, смазочными маслами и другими отходами, которые следует вывозить с земснаряда.

1.3. Рекультивация земель, нарушенных гидромеханизированными горными работами

Задачи и мероприятия по охране и восстановлению (рекультивации) природных ресурсов определяются постановлением Правительства, нормами и правилами органов горного, санитарного, рыбного и водного надзоров.

По рекультивации нарушенных земель выполняется проект. В проекте рассматриваются и решаются следующие вопросы:

- ♦ предполагаемое целевое использование рекультивированных земель (сельское хозяйство, лесное хозяйство, промышленное или гражданское строительство);
- ♦ организация работ по рекультивации;
- ♦ порядок ведения работ;
- ♦ расчет объемов почвы, подлежащей снятию и использованию;

- ♦ структура комплексной механизации рекультивационных работ и число единиц горного и транспортного оборудования;
- ♦ определение необходимой площади и выбор места расположения складов почвы;
- ♦ календарный план изъятия земель земельных территорий.

Проект должен включать в себя смету на рекультивацию, где указывается возможное увеличение себестоимости полезного ископаемого от дополнительных затрат на рекультивацию.

В проекте определяются следующие технико-экономические показатели: рекультивируемая площадь; затраты на рекульвационные работы; затраты на рекультивацию 1 га земель.

Восстановленные земли могут использоваться для сельского и лесного хозяйства, создания зон отдыха, водоемов различного назначения, жилищного и промышленного строительства. В зависимости от назначения использования земель различают сельскохозяйственную, лесохозяйственную, природоохранную, водохозяйственную и строительную рекультивацию.

Сельскохозяйственная рекультивация — создание земель, пригодных для выращивания сельскохозяйственных культур, разведения садов, пастбищ и сенокосных угодий.

Лесохозяйственная рекультивация — создание лесонасаждений целевого назначения (почвозащитные, климатические, лесопарковые и парковые), а также лесов деловой древесины.

Природоохранная рекультивация — создание зон отдыха, озеленение отвалов.

Водохозяйственная рекультивация — создание водоемов различного назначения (водохранилища для разведения рыбы, дичи и др.).

Строительная рекультивация — подготовка земель для жилищного и промышленного строительства, а также спортивных сооружений.

Полное восстановление земель осуществляется в результате *горно-технической* и *биологической* рекультивации.

Горно-техническая рекультивация включает в себя планировку выработок, отвалов, выполаживание откосов, укладку рас-

тительного слоя, строительство подъездных дорог и мелиоративные работы. Суть биологической рекультивации заключается в восстановлении плодородия и биологической продуктивности нарушенных земель, создании лесных и сельскохозяйственных угодий, разведении рыбы в водоемах, дичи в посаженных лесах.

Для оценки степени нарушения земель горными работами принимается показатель, называемый *удельной землеемкостью*. Он равен отношению площади карьерного поля (га) к запасам горной массы (млн м³) в его контурах за вычетом объемов вскрыши. По физическому смыслу этот показатель характеризует количественное (площадное) и качественное (глубинное) нарушение поверхности природного ландшафта горными работами.

Вторым важным показателем, который используется при оценке объема рекультивационных работ, является *коэффициент рекультивации*, равный отношению площади земель, подлежащих рекультивации, к общей площади нарушенных земель. На предприятиях золотодобывающей промышленности коэффициент рекультивации составляет 0,27—0,28. В целом же по предприятиям цветной металлургии он равен 0,2.

Как показывает практика, земли после рекультивации продуктивнее по сравнению с ненарушенными землями данного района.

Для успешной рекультивации земель очень важным является снятие почвы на землях, подлежащих нарушению, и ее сохранение.

Временные склады почвы следует располагать на сухих водораздельных участках вблизи объектов последующей рекультивации. Высота их не должна превышать 10 м, а уклон поверхности должен быть не более 0,005. Для защиты отвалов от ветровой и водной эрозии поверхность их необходимо засевать многолетними травами. Срок хранения почвы на временных складах не должен превышать 10 лет. Земельные участки, восстанавливаемые для сельского хозяйства, должны быть пригодными для работы сельскохозяйственных машин. Уровень грунтовых вод должен обеспечивать оптимальные условия произрастания растений. В первые 2—3 года рекомендуется культиви-

ровать многолетние травы. В период горно-технической рекультивации к каждому участку должна быть устроена подъездная автодорога.

Мощность плодородного слоя следует принимать в зависимости от назначения земель (для сельского хозяйства, садоводства, лесонасаждения и др.).

Съезды к урезу воды водоема должны устраиваться через 500 м. Ширина съездов должна быть не менее 5 м. Уклон съездов, устраиваемых к урезу воды водоема, не должен превышать 5°.

Намыв последнего яруса на гидроотвале должен производиться по специальному проекту с выполнением ряда мероприятий. К таким мероприятиям относятся планировка, устройство дренажей, известкование кислых почв и др. На поверхности гидроотвала должны отсутствовать углубления, не имеющие стока воды. После намыва последнего яруса и нанесения почвенного слоя дамба обвалования верхнего яруса разрушается, чтобы не создавать подпора воды. Поверхность гидроотвалов должна быть на 1—2 м выше уровня грунтовых вод, чтобы не было заболачивания.

При сельскохозяйственном освоении отвалов затраты на снятие, перемещение и укладку почвы составляют около 50 % затрат на горно-техническую рекультивацию. Снятие, транспортирование и укладка растительного слоя, а также планировка откосов могут быть осуществлены скреперами, бульдозерами, грейдерами, драглайнами, грейдер-элеваторами, универсальными экскаваторами, железнодорожными составами, автосамосвалами и конвейерами. Мощность растительного слоя на рекультивируемой поверхности должна быть 40—80 см. Установлено, что наилучшие условия создаются когда почвенный слой мощностью 50—60 см лежит на водоупоре из глин. Плодородный слой может также наноситься гидравлическим способом, в результате чего при формировании почвенного слоя образуется рыхлая структура, наиболее благоприятная для развития растений. Для образования растительного слоя рекомендуется намыв производить слоями. Вся площадь намыва разбивается на участки с поочередным намывом их слоями. Намыв очередного слоя

начинается после уменьшения влажности намытого слоя на 25—30 %. Толщина слоя равна 15 см.

Наиболее трудоемкими и дорогостоящими при рекультивации являются работы по улучшению гидрофизических свойств восстанавливаемых земель с целью повышения их плодородия. Опыт освоения целинных земель показывает, что основными факторами, предопределяющими благоприятные условия для роста и развития растительности, являются рельеф поверхности, угол ее наклона к горизонту, экспозиция к сторонам света, гидрологический режим, физико-механический состав и температурный режим почвы, погодные условия. Поэтому рекультивация земель, нарушенных горными работами, не должна рассматриваться с позиции только увеличения сельскохозяйственных условий, а должна иметь целевую направленность на воспроизводство и улучшение всего нарушенного территориального комплекса в целом.

При сплошной планировке рекультивируемых земель для использования под пашню уклон не должен превышать 1—2°, при уклонах 2—4° участки могут использоваться для полеводства, при 4—6° — для кормового севооборота, при 7—10° — для создания лесопосадочных полос (при ширине террас не менее 10 м) и засаждения многолетними травами.

Галечные отвалы на россыпных месторождениях, содержащие более 40 % каменистого материала, следует использовать под автодороги либо выколаживать до слоя с большим процентом мелкозема для создания на них лесных полос путем посадки деревьев в хорошо заземленные лунки.

Уклон рекультивируемого участка, как правило, должен совпадать с уклоном долины и не превышать 2°. В случае, когда уклон долины составляет более 2°, рекультивируемую поверхность следует террасировать.

Мощность слоя почвы при землевании зависит от токсичности подстилающих пород, глубины корнеобитаемого горизонта сельскохозяйственных культур и необходимого для роста растений водотеплового режима этого горизонта. Для условий Северо-Востока страны, Якутии и других районов Восточной Сиби-

ри мощность наносимого слоя почвы принимается равной 0,25—0,4 м.

Последовательность и порядок проведения рекультивационных работ должны быть согласованы с местными административными органами. Затраты на горно-техническую рекультивацию зависят от объема планировочных работ, мощности создаваемого корнеобитательного горизонта и расстояния транспортирования потенциально плодородных пород. Практика показала, что в благоприятных условиях затраты на горно-техническую рекультивацию 1 га земель, нарушенных горными работами, составила 2,9—3,9 и 1,4—3,2 тыс. руб. при подготовке их для использования в сельском и лесном хозяйствах соответственно (в ценах 1982 г.).

Биологическая рекультивация проводится, как правило, после завершения горно-технической рекультивации.

Наиболее приемлемым видом биологической рекультивации трудоемких техногенных участков россыпей является естественное самозарастание. Практика показывает, что процесс естественного самозарастания нарушенных земель протекает по-разному, отличаясь как по интенсивности, так и по видовому составу образующегося растительного покрова. Характерной особенностью для всех видов отвалов являются их сравнительно медленное естественное зарастание и обедненность видового состава растительности. Наблюдения показывают, что интенсивность зарастания и флористическое разнообразие образующейся растительности зависят от гранулометрического состава пород, рельефа поверхности и местоположения отвалов, гидрологического режима водотоков и ряда других факторов.

При самозарастании отвалов видами травяной растительности из естественной флоры являются луговая овсяница, ползучий пырей, многолетние горошки, чина луговая и др. При благоприятных для роста трав породах отвалов, их склоны целесообразно засевать семенами многолетних кормовых трав с целью их использования под пастбища для скота близлежащих хозяйств. Проведенными на ряде полигонов Урала и в других районах опытами доказана возможность успешного естественного

зарастания техногенных земель после проведения горно-технической рекультивации с землеванием и без землевания. Это позволяет оставлять под естественное зарастание полигоны, удаленные от населенных пунктов, после проведения минимального объема горно-технической рекультивации, что обеспечивает существенную экономию труда и средств.

Большинство россыпей нашей страны, расположенных на восток от Урала, по своим физико-географическим условиям благоприятны для произрастания сибирской и даурской лиственницы, осины, тополя, кедра, древовидной ивы, березы, ольхи, рябины, черемухи и др. По данным исследований, естественное зарастание галечных и дражных отвалов в низинно-равнинной местности составляет 70—100 %, в предгорной — 50—70 % и в горной 10—30 %. Вскрышные, намывные и эфельные отвалы зарастают почти на 100 %.

Самозарастание отвалов начинается после 3—5-летнего периода и заканчивается к 10—15 годам в низинно-равнинной местности, к 15—25 годам в предгорной и к 40—50 годам в горной зоне. При этом более интенсивно лесозарастание происходит на отвалах высотой до 4 м.

Весьма приемлемым может казаться искусственное воспроизводство лесных массивов путем посадки саженцев и семян устойчивых к местным условиям пород деревьев и кустарников. Посевы семян и посадка саженцев древесных культур на дражных полигонах Урала показала возможность создания искусственных лесных насаждений на площадях, покрытых каменистой, почвенно-грунтовой смесью. Так, после 2—3 лет приживаемость саженцев сосны и ели составила 30—60 и 50—80 % соответственно, а приживаемость семян 30—50 %.

Для создания лесных насаждений целесообразен посев семян из расчета 1—2 кг на 1 га и посадка древесных культур. Высаживать на 1 га следует по 5—10 тыс. штук двухлетних саженцев. Посадка производится рядами через 1 м при расстоянии между саженцами 1,5 м. По данным Кушвинского лесхоза на Урале, затраты на посадку лесных культур на 1 га, в ценах 1982 г.

составляли 422 руб., а полные затраты на рекультивацию 1 га (планировку, землевание, посадку леса) — 2,6 тыс. руб.

На дражных и гидромеханизированных полигонах Урала за пятилетний период объединением «Уралзолото» было восстановлено около 6 тыс. га (в том числе на 1315 га выполнена биологическая рекультивация) и подготовлено 3387 га под естественное зарастание.

Затраты на горно-техническую рекультивацию 1 га составили 2180 руб. (в ценах 1982 г.).

Затраты на рекультивацию по отдельным операциям характеризуются следующими данными.

	Затраты на 1 м ³ (в ценах 1982 г.), руб.
Снятие почвенного слоя	0,25—0,3
Планировка	0,2—0,25
Погрузка и перевозка почвы	1—1,2
Землевание	0,15—0,2

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ УЩЕРБА, НАНОСИМОГО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ГИДРООТВАЛАМИ. Отвалы пустой породы оказывают отрицательное влияние на окружающую среду и ландшафт, обуславливая тем самым необходимость принятия разнообразных мер по формированию и обустройству ландшафта. Любые отвалы вызывают нарушение равновесия в природе, влияют на водный режим, изменяют воздушные потоки, ослабляют регенерационный потенциал ландшафта. Недопущение подобного ущерба или ликвидация его отвечает интересам общества. Вид и объем соответствующих мер, должны быть предусмотрены в ходе проектных работ.

Предотвращение и устранение ущерба, наносимого окружающей среде гидроотвалами, а также рекультивация гидроотвалов, часто становятся чрезвычайно сложной задачей. Ее решают путем правильного выбора места и эксплуатации гидроотвала, а также приданием ему соответствующей формы. Таким

образом, вредный для ландшафта фактор превращается по крайней мере в нейтральную структуру, а то и в ценный объект: сельскохозяйственное угодье, лес, зону отдыха, водоем.

По месту размещения все гидроотвалы могут быть подразделены на две категории.

1 ГИДРООТВАЛЫ ВНЕ КОНТУРОВ КАРЬЕРОВ

Вне контуров карьеров гидроотвалы вскрышной породы располагают в оврагах, на косогорах, либо на равнинах в виде столовых гор. Гидроотвалы вне границ карьеров занимают площадь часто превышающую площадь карьеров. Поэтому в большинстве случаев отвалы стремятся располагать на неудобьях: в низинах, долинах балок и оврагов, болотах и т.п. Достоинством расположения на равнине является возможность укладки больших объемов породы в одном месте, однако данная технология требует большого объема земляных работ на возведение сооружения. С точки зрения рекультивации и охраны природы равнинный гидроотвал нельзя признать удачным. Для его строительства используются равнинные участки, обладающие максимальной ценностью для сельского хозяйства. Расположение отвала на большой высоте резко повышает риск пыления при высыхании (если гидроотвал сложен породами, легко поддающимися ветровой эрозии). К тому же данный тип сооружения слабо вписывается в природное окружение, плохо интегрируется ландшафтом.

Тем не менее, возможно наметить некоторые мероприятия, способные отчасти снять негативный эффект данного типа гидроотвалов. Как правило на всех гидроотвалах, высотой более 10 м формируют ярусы. Они расчленяют откосы большой протяженности и предотвращают эрозию, поверхностный сток, служат в качестве дорог для сельскохозяйственного освоения территории и, наконец, обеспечивают возможность поэтапного озеленения откоса. Откосу гидроотвала придают такую форму, чтобы вся вода из атмосферных осадков просачивалась внутрь и использовалась растениями, а не стекала по склонам. С этой це-

люю все плоские поверхности формируют с возвышением по кромке. Необходимо учитывать, что при высоте отвала выше 30 м его поверхность начинает подвергаться сильному воздействию ветра, что требует специальных ветрозащитных мер. Этот факт необходимо также учитывать и при создании растительного покрова.

Гидроотвалы на косогоре и в овраге лишены большинства перечисленных недостатков. При их строительстве отчуждаются менее ценные земли, масштабы земляных работ значительно сокращаются. Расположение отвалов в низких элементах рельефа уменьшает риск ветровой эрозии и пыления осушенной поверхности, что делает их доступными для складирования пылящих пород. В засушливых регионах на подобных отвалах создаются благоприятные для роста растительности условия, связанные с большей увлажненностью пород отвала, по сравнению с прилегающей территорией. Однако данные технологии имеют свои недостатки.

Во-первых, замкнутая поверхность отвалов препятствует оттоку воды, что ведет к заболачиванию и резко увеличивает сроки консолидации пород отвала, отдаляя рекультивацию. Особенно плохо дело обстоит с гидроотвалами в оврагах так как в отличие от косогоров, долины оврагов концентрируют в себе сток с территории водосбора в десятки раз превышающей площадь оврага. В условиях, когда отвалы сложены тонкодисперсными породами типа суглинков, естественный дренаж сооружений затруднен, и поверхности долинных гидроотвалов долгое время остаются покрытыми водой. Ядерные части гидроотвалов в оврагах требуют, таким образом, искусственного дренажа (по Гальперину А.М.). Один из вариантов дренажной системы на гидроотвале заключается в сооружении шандорного колодца и системы подземных труб, уложенных по дну бывшего оврага. Необходимость строительства дренажной системы и, самое главное, постоянных работ, направленных на поддержание ее в рабочем состоянии, ликвидации засоров требует дополнительных затрат, производимых на протяжении неограниченного времени сельскохозяйственной эксплуатации рекультивированной поверхности гидроотвала.

Общим достоинством гидроотвалов вне контуров карьеров является низкая вероятность того, что в связи с производственными нуждами заполненный и рекультивируемый гидроотвал может подвергнуться переэкскавации.

При любых обстоятельствах формирования внекарьерного отвала ему должно предшествовать снятие верхнего слоя почвы. При этом не важно, будет ли этот слой почвы затем использован для покрытия территории отвала или в других целях. Всегда необходимо исходить из условия сохранения верхнего богатого перегноем слоя профиля грунта.

Ввиду повышенного риска ветровой эрозии внекарьерных сооружений целесообразно производить биологическую рекультивацию гидроотвала еще до полного заполнения его емкости. При этом должна применяться техника окаймления сооружения зелеными насаждениями. Посадка растительности по дамбе и ее склонам создает надежный ветрозащитный экран, способный значительно сократить силу ветрового воздействия на поверхность консолидировавшегося гидроотвала. Чем раньше начинать высаживать деревья по периферии, тем больший ветрозащитный эффект будет достигнут при рекультивации. При организации защитных полос на периферии следует учитывать, что лесополосы должны иметь ширину не менее 5 м. Для достижения активной очистки воздуха насаждения по возможности должны быть не плотными, чтобы поглощать насыщенный пылью воздух и обеспечивать ее осаждение за счет меньшей подвижности и более высокой влажности воздуха. Следует однако помнить, что узкие полосы насаждений могут задерживать лишь только самые тяжелые и крупные частицы.

Озеленение основной части гидроотвала необходимо начинать сразу же после завершения консолидации. В ряде случаев, когда в отвал поступает бедная порода, требуется нанесение плодородного слоя почвы или ее активизация. Различают три основных направления работ по активизации бедной почвы:

1. Физическая активизация почвы;
2. Химическая активизация почвы;
3. Биологическая активизация почвы.

Работам по активизации должна предшествовать тщательная проверка территории и выяснение причин низкой продуктивности пород отвала. В случае если исследования обнаруживают наличие токсичных пород, то следует проводить соответствующую дезактивизацию территории.

Растительный покров выполняет функцию защиты от эрозии и удержания тонкозернистой почвы на поверхности, не допуская ее смывания или просачивания вглубь.

Первоначально осуществляется посадка авангардной растительности, отличающейся высокой производительностью к почвенным условиям, быстрым ростом, устойчивостью к воздействию высоких и низких температур, ветра. Большинство видов этих растений отличается также способностью к улучшению свойств почвы, за счет образования гумуса и фиксации азота. Среди травянистых растений на бедных почвах наибольшую роль играют бобовые культуры. Их корневая система развивается интенсивно, глубоко проникая в почву, кроме того они быстро растут, формируют сплошной покров и способствуют образованию большого количества органического вещества. Для противозерозийных мероприятий, наоборот, предпочтительнее использовать злаки. Корневая система этих растений также очень густая, но в отличие от бобовых, корни не уходят вглубь, а формируют дернину, надежно защищающую почву от эрозии.

За образованием сплошного растительного покрова из травянистых растений следует стадия развития леса из авангардных деревьев и кустарников, которые в данных условиях быстро растут. Это может быть ольха, береза, ива, бузина, ежевика и т.д. За зелеными насаждениями необходим надлежащий уход. Озеленение подобных территорий не завершается посадкой растений, а представляет собой длительный и трудоемкий процесс, требующий регулярного вмешательства человека. Только постоянный уход за насаждениями обеспечивает успех и реализацию возможностей, открывающихся в процессе рекультивации.

2 ГИДРООТВАЛЫ В ПРЕДЕЛАХ КОНТУРОВ КАРЬЕРОВ

В пределах карьеров гидроотвалы можно располагать в выработанных пространствах :

- а) отработанных карьерных полей;
- б) на сухих породах отработанных карьерных полей;
- в) на сухих породах действующих карьеров;
- г) на дне действующих карьеров.

Расположение гидроотвала в пределах карьера обладает следующими достоинствами. Во-первых, фильтрация грунтовых вод осуществляется в направлении к гидротвалу, а значит он не служит фактором подтопления близлежащих территорий. Во-вторых, внутренние отвалы не отчуждают плодородные земли. Их в некоторой степени можно рассматривать как этап горно-технической рекультивации, направленной на заполнение емкостей, возникших в процессе добычи полезного ископаемого. В-третьих, практически на нет сводится риск пыления осушенной поверхности. В-четвертых, на густозаселенных территориях существенной может оказаться роль гидроотвалов как зон отдыха, прудов для разведения рыбы или как экологических зон (например, мест отдыха перелетных водоплавающих птиц, гнездовья).

С другой стороны, расположение гидроотвалов в действующем карьере связано с риском подтопления забоев. Гидроотвалы повышают водопоступление в карьер, что в ряде случаев неприемлемо. Карьерные отвалы обычно слабо интегрируются ландшафтом, кроме тех случаев, когда их рекультивация приводит к сооружению водоема.

Гидроотвал в выработанных пространствах отработанных карьеров, представляет собой старую карьерную выемку, до краев заполненную гидросмесью. После консолидации наиболее разумно использовать данный тип гидросооружения для организации водоема, зоны отдыха, рыбной фермы, озера. Однако, в том случае если в гидроотвал поступают токсичные для человека, растений и животных вещества, прудок должен быть полно-

стью осушен, а его акватория засыпана нетоксичными породами сухого отвала. При этом необходимо учитывать направление и интенсивность потоков грунтовых вод, которые могут размывать отвал и выносить в реки токсичные вещества.

Гидроотвал из нетоксичных пород превращают в водоем. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы на его акваторию попадало как можно меньше загрязнителей с окружающих территорий, включая сельскохозяйственные поля.

Важным моментом формирования и обустройства ландшафта является определение формы будущего водоема. Существенную роль при этом играют интересы формирования ландшафта. В интересах формирования ландшафта — создание плавных сопряженных плоскостей, берегов и горизонтов выработки, а также округления углов.

Существенную роль в обустройстве территории играет уклон контактирующих с карьером территорий — крутизна берега будущего водоема. Крутые склоны являются источником опасности, затрудняют озеленение. Форма склонов определяется характером использования водоемов. Для зон отдыха требуются пологие склоны (с уклоном 1:10—15), чередующиеся с более крутыми участками (1:3) и плавным переходом дна в склон. Для рыбных ферм допустимы более крутые берега, однако, уклоны не должны превышать 1,5. При большой крутизне берегов они становятся не устойчивыми даже при закреплении древесной растительностью.

Остальные типы гидроотвалов не пригодны для создания водоемов ввиду расположения их в пределах горных выработок. Их создание может рассматриваться как этап горно-технической рекультивации карьерной выемки. Исключение составляют *гидроотвалы в выработанном пространстве на сухих породах*. Они с точки зрения рекультивации мало отличаются от описанных выше гидроотвалов на равнине, имеют почти все их достоинства и недостатки. Однако, при строительстве гидроотвалов этого типа не отчуждаются новые земли и, учитывая все недостатки гидроотвалов в виде столовых гор, можно все-таки заключить, что при прочих равных условиях строительство гидроотвала на сухих породах предпочтительно.

При размещении гидроотвалов на дне карьеров и на породах, уложенных в выработанном пространстве, создаются ровные террасообразные поверхности, прислоненные к уступу карьера или заполняющие его до границ естественных склонов. Ровная поверхность отвалов пригодна для сельскохозяйственного пользования, для посевов трав, создания овощных хозяйств, а в отдельных наиболее благоприятных случаях, под распашку. При создании подобных поверхностей наиболее важно предусмотреть меры, направленные на обеспечение благоприятного водного режима рекультивируемой территории. Дело в том, что после создания гидроотвала его поверхность будет представлять собой замкнутую субгоризонтальную площадку, принимающую сток с прилегающего участка коренного склона. Поэтому создание этого типа гидроотвалов не возможно проводить без планирования будущего рельефа карьера с привлечением специалистов по инженерной геоморфологии. Гидроотвалы на породах, уложенных в выработанном пространстве — перспективная форма складирования, но выбор места для его размещения и определение его параметров сложная задача, при решении которой необходим комплексный подход.

Анализ различных технологий гидроотвалообразования свидетельствует о сложности проблемы рекультивации как гидроотвалов так и карьеров. Ни одной из существующих технологий не возможно отдать предпочтение, все они имеют как значительные достоинства так и серьезные недостатки. Применение той или иной технологии в практике зависит от условий и целей рекультивации, определяющих те достоинства, которые наиболее важны в каждом конкретном случае и те недостатки, которыми можно пренебречь. Проблема выбора технологии гидроотвалообразования является, таким образом, индивидуальной. При выборе той или иной тактики гидроукладки необходимо принимать во внимание особенности карьера, потребность в создании зон отдыха, лесов, прудов и сельскохозяйственных угодий. При использовании средств гидромеханизации на карьере требуется учитывать не только параметры гидроотвала, но и его место в карьере, характер сочленения с другими

Целевое использование рекультивированных гидроотвалов

Место расположения гидроотвала	Факторы, влияющие на окружающую среду		Рекултивация гидроотвала	Примечания
	отрицательные	положительные		
Вне конту- ров карьера: 1. На равнин- ной местно- сти	1.1. Большой объем строительных работ	1.1. Возможность уклад- ки больших объемов по- роды в одном месте	Посадка «авангард- ной» растительности из бобовых культур по дамбе и ее склонам	Формируется большое количество органиче- ских веществ
	1.2. Изъятия больших площадей (ценных) земель	1.2. Низкая вероятность того, что в связи с про- изводственными нужда- ми, заполненный и ре- култивированный гидро- отвал подвергнется пе- резкасации	Посадка злаковых рас- тений	Надежная защита от эро- зии
	1.3. Не интегрируется с окружающей мест- ностью		Развитие леса из «авангардных» пород деревьев и кустарни- ков: ольха, береза, ива, бузина, ежевика и т.п.	

Место расположения гидроотвала	Факторы, влияющие на окружающую среду		Рекультивация гидроотвала	Примечания
	отрицательные	положительные		
2. В овраге, на косогоре	1.4. Повышенный риск пыления окру- жающей среды	—	Высаживание деревьев по периферии гидроот- вала полосой шириной не менее 5 м	Достигается активная очистка воздуха от пыли, за счет его меньшей под- вижности и более высо- кой влажности
	1.5. Медленное за- крепление гидроот- вала растительностью	—	При наличии на гидро- отвале «бедных пород» необходимо нанесение плодородного слоя и активация (физическая, химическая, биологи- ческая)	
	2.1. Увеличивается срок консолидации пород 2.2. Концентрация стока с территории водосбора в десятки	2.1. Сравнительно не- большой объем строи- тельных работ 2.2. Изъятие менее цен- ных земель		

раз превышающей площадь оврага 2.3. Возможна активация оползневых процессов на прилегающей территории 2.4. Естественный дренаж затруднен	—	2.3. Уменьшенный риск ветровой эрозии и пыления 2.4. Благоприятные условия для роста растительности	—	При явлении ветрофикации необходимо чтобы глубина водоема была ≥ 10 м, а его площадь $\geq 100 + 150$ га Для зон отдыха необходимы пологие склоны (1 : 10 + 15), чередующиеся с крутыми участками (1 : 3) и плавный переход в склон
<i>В выработанном про странстве карьера:</i> 1. На дне отработанного карьерного поля 2. На сухих породах в выработанном про странстве отработанного карьера	—	2.1. Отсутствие подтопления близлежащих территорий в результате фильтрации грунтовых вод в направлении к гидротвалу	После консолидации на гидротвале организуется: водоем, зона отдыха, рыбная ферма, озеро	

Место расположения гидроотвала	Факторы, влияющие на окружающую среду		Рекультивация гидроотвала	Примечания
	отрицательные	положительные		
3. На дне действующего карьерного поля	3.1. Риск подтопления забоев	3.1. Повторное использование земли, отведенной для разработки месторождения полезного ископаемого	Посев трав и создание овощных хозяйств, а в отдельных случаях распашка	
4. На сухих породах в выработанном проомном пространстве действующего карьера	4.1. Риск повышения водопотребления в карьере за счет фильтрации дамбы	4.1. Этап готовой горнотехнической рекультивации в период эксплуатации карьера 4.2. Риск пыления минимальный		

Примечание. При выборе технологии гидроотвалообразования необходимо принимать во внимание особенности карьера, потребность в создании зон отдыха, лесов или сельскохозяйственных угодий.

техногенными формами, а также план общей рекультивации карьера. Существенную роль в решении проблем качественной рекультивации сыграет привлечение специалистов естественников: гидрологов, ботаников, инженерных геоморфологов. Предполагаемое целевое использование рекультивированных гидроотвалов, в зависимости от мест их расположения приведены в табл. 10.1. Эти данные в некоторой степени помогут, в процессе проектирования гидромеханизации на карьерах, решить ряд вопросов по восстановлению земель, нарушенных в результате ведения открытых горных работ.

2. ДРАЖНАЯ РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

2.1. Общие положения

Для разработки россыпей из государственного фонда производится временное отчуждение значительных площадей земельных угодий, которые нарушаются горными работами и оказываются непригодными для последующего использования без проведения рекультивационных работ. Так, например, только на территории Магаданской области предприятиями производственного объединения «Северовостокзолото» за весь период эксплуатации месторождений нарушено горными работами более 130 тыс. га земель и ежегодно продолжает нарушаться от 4 до 5 тыс. га земель. Технология разработки и обогащения песков гидравлическим и дражным способами связана с большими затратами воды в результате чего происходит загрязнение промышленными стоками прилегающих водоемов и речных систем. Горные предприятия, ведущие разработку россыпей, обязаны в процессе производства работ и по их завершению приводить за свой счет земельный отвод в состояние пригодное для использования в сельском, лесном и рыбном хозяйстве. Работы должны выполняться в короткий срок и в необходимом объеме.

Основными задачами предприятия по охране окружающей среды при разработке россыпей является восстановление земель,

нарушенных горными работами, и освещение промышленных стоков, сбрасываемых в реки и водоемы общего пользования.

Основным направлением рекультивации является лесохозяйственное. На долю приходится около 80 % объемов работ. Сельскохозяйственное и водохозяйственное направления составляют 8 и 11 %. Большинство россыпей находится в северных районах, где плодородный слой почвы отсутствует или незначителен по мощности. При наличии слоя его снимают бульдозерами и скреперами и складировуют в виде отдельных бортов. В процессе биологической рекультивации почвенный слой наносят на подготовленную поверхность. Для повышения биологической продуктивности рекультивируемых земель в них добавляют химические активаторы.

Основным видом лесохозяйственной биологической рекультивации является естественное самозарастание. Опыт рекультивации полигонов Урала и в других районах показал, что естественное зарастание техногенных земель успешно проходит без биологической рекультивации, что позволяет сэкономить значительные средства. Самозарастание вскрышных, намывных и эфельных отвалов начинается через 3—5 лет и заканчивается к 10—15 годам в низинно-равнинной местности, в предгорной к 15—25 годам и в горной зоне к 40—50 годам. Естественное зарастание галечных и стачерных отвалов драг составляет 70—100 % в низинно-равнинной местности, 50—70 % в предгорной и 10—30 % в горной местности. Воспроизводство лесных массивов осуществляется посадкой саженцев и семян кустарника. Рекультивация нарушенных земель на действующих приисках осуществляется за счет прибыли предприятия.

2.2. Технологические мероприятия по охране вод рек от загрязнения при дражных работах*

При ведении дражных работ в поймах и долинах рек и ключей, где развиты наиболее богатые биоценозы, горные выработки размещаются на всем протяжении долин, нарушая природ-

* Раздел написан канд. техн. наук В.И. Кулигиным.

ный гидрологический режим водотоков, смещая русла в выработанное пространство, спрямляя и перегораживая их плотинами, дамбами и отвалами, понижая уровень грунтовых вод и базис эрозии, изменяя природную турбулентность поверхностных вод, их насыщенность кислородом и гидрохимический состав.

Работа драг, как правило, сопряжена с относительно большим расходом технологической воды, используемой для размыва пород и их промывки. В среднем на 1 м^3 перерабатываемых песков расходуется $10\text{—}18 \text{ м}^3$ технологической воды, стоки которой содержат трудноосаждаемые мельчайшие минеральные частицы (в 1 м^3 стоков содержится $5\text{—}50 \text{ кг}$ таких частиц), загрязняющие реки и водоемы и наносящие ущерб биологической среде. Кроме того, большое содержание минеральных частиц в воде, поступающей в технологический процесс промывки песков, вызывает повышенный износ насосов и водоводов, снижение степени извлечения полезных компонентов и длительные простои оборудования. Практика показывает, что при подаче в обогатительный процесс загрязненной воды с содержанием глинистых частиц $150\text{—}200 \text{ г/л}$ осаждение золота на шлюзах протекает неудовлетворительно. Так, частицы золота крупностью $0,5\text{—}0,25 \text{ мм}$ при такой загрязненности воды улавливаются лишь на $20\text{—}30 \%$. Наблюдается также снос (до 20%) частиц золота крупностью 1 мм и более (особенно при промывке глинистых песков). Это объясняется тем, что глинистые породы труднопромывисты и при подаче воды, значительно загрязненной дисперсными взвесями, размыв их еще больше ухудшается, в связи со снижением напора и расхода насосов из-за большой плотности воды. Исследованиями в лабораторных и промышленных условиях установлено, что заметное снижение степени извлечения золота на шлюзах ощущается при плотности дисперсной среды $1,1 \text{ г/см}^3$, что соответствует концентрации твердого в воде $15\text{—}160 \text{ кг/м}^3$. Скорость же осаждения частиц золота начинает существенно уменьшаться уже при концентрации твердого в воде около 50 кг/м^3 . Многочисленные наблюдения в промышленных условиях показывают, что потери тонких фрак-

ций золота в процессе промывки песков на дражных шлюзах начинают возникать при содержании в технологической воде взвесей 30—50 кг/м³.

Загрязненность воды (особенно высокоабразивными кварцевыми частицами) отрицательно сказывается также на работе насосов, приводя к повышенному их износу. Для обеспечения нормальных условий эксплуатации насосного оборудования загрязненность воды не должна превышать 5 кг/м³, а при большом содержании глины она может повышаться до 10—15 кг/м³.

Различают физическое, химическое и микробиологическое загрязнения воды. Физическое загрязнение происходит в результате примесей минеральных частиц. Химическое загрязнение — это результат растворения различных химических веществ (включая токсичные). Кроме того, с промышленными водами в водоемы могут попадать горюче-смазочные материалы и нефтепродукты, используемые при эксплуатации оборудования.

При разработке россыпей в основном имеет место физическое загрязнение технологической воды тонкодисперсными твердыми взвесями, что связано с размывом пород в забое и с их дезинтеграцией на промывочных приборах с целью наиболее полного разделения минеральных частиц и зерен полезного ископаемого. Практика показывает, что содержание твердых частиц в сточных водах при разработке россыпей изменяется в зависимости от гранулометрического состава пород, технологии горных работ, наличия очистных сооружений и качества процесса водоочистки.

В зависимости от назначения рыбохозяйственного использования поверхностные водоемы подразделяются на водоемы, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб (лососевые, сиговые, хариус и др.), обладающих высокой чувствительностью к кислороду, и водоемы, используемые для других рыбохозяйственных целей.

Степень допустимого загрязнения рек взвешенными веществами, содержащимися в сточных водах, регламентируется общими требованиями к составу и свойствам воды водоемов, используемых в рыбохозяйственных целях, в зависимости от вида

рыбохозяйственного их использования. Общие требования к составу и свойствам воды водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей (табл. 10.2), изложены в «Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

Природное содержание взвесей в воде рек может быть определено путем анализа пробы воды, отобранной выше по течению от места сброса промышленных вод на расстоянии 100—500 м или на ближайшем к разрабатываемому участку россыпи притоке данной реки, где не ведутся горные работы. Погрешность такого определения незначительна, так как в пределах небольшого климатического района природная мутность реки и мутность ее притоков практически одинаковы.

Требования к составу и свойствам воды (см. табл. 10.2) распространяются на воду рыбохозяйственных водоемов в створе, находящемся на расстоянии не более 500 м от места выпуска стока в водоем.

Системы водоснабжения дражных разработок подразделяются на прямоточные (с однократным и многократным использованием вод) и замкнутые (оборотные). Целью применения каждой системы является рациональное использование водных ресурсов и обеспечение при минимальных затратах бесперебойного и надежного водоснабжения с соблюдением действующих санитарных норм загрязненности природных водотоков.

Одним из главных направлений по охране водных источников от загрязнения при разработке россыпки является максимальное применение оборотного водоснабжения, обеспечивающего повторное использование технологических стоков и их локализацию от естественного водотока. В отдельных случаях при благоприятных горно-геологических и гидрологических условиях могут быть также применены схемы прямоточного однократного использования вод. Однако практика показывает, что такие схемы не всегда обеспечивают соблюдение санитарных и водохозяйственных требований даже при применении многократного отстоя и физико-химических средств интенсификации осадения взвесей.

Общие требования к составу и свойствам воды

Показатели состава и свойства воды водоема	Требования
Взвешенные вещества	В водоемах, используемых для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду, — не более 0,25 мг/л В водоемах, используемых для всех рыбохозяйственных целей, — не более 0,75 мг/л Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания их в воде в пределах 5 %. Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с (для проточных водоемов) и более 0,2 мм/с (для водохранилищ) к спуску запрещается
Плавающие примеси	На поверхности не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и других примесей
Растворенный кислород	В летний (открытый) период во всех водоемах содержание растворенного кислорода в пробе, отработанной до 12 ч дня, должно быть не ниже 6 мг/л
Биохимическая потребность в кислороде	Полная потребность воды в кислороде (при 20 °С) не должна превышать 30 мг/л
Ядовитые вещества	Ядовитые вещества не должны содержаться в концентрациях, могущих оказать прямо или косвенно вредное воздействие на рыб и водные организмы, служащие кормовой базой для рыб

2.3. Рекультивация земель, нарушенных при разработке россыпных месторождений

Нарушенные и подлежащие рекультивации площади на приисках составляют от 30 до 90 % земельного отвода. По степени целесообразности рекультивации земли, засыпанные пустой породой и нарушенные горными работами, делят в лесотун-

дровой зоне на *три группы*: поймы речных долин, пригодные для использования в сельском и лесном хозяйстве — 21,4 %; временно не предназначенные для рекультивации в связи с возможной повторной переработкой отвалов прошлых лет — 33,4 %; не подлежащие рекультивации из-за экономической нецелесообразности — 45,2 %.

Основные положения восстановления нарушенных земель: рекультивация должна проводится с учетом потребностей будущего; целью рекультивации являются превращение нарушенных земель в угодья народно-хозяйственного использования; объектами рекультивации являются — отвалы пустых пород, карьеры, гидроотвалы-отстойники; рекультивация земель делится на два этапа — горно-техническая рекультивация и биологическая рекультивация; рекультивационные работы проводятся дифференцированно и в определенной очередности; работы по рекультивации проводят в ходе разработки месторождения и должны быть закончены не позднее двух лет после ее завершения; работы ведутся на основе долгосрочного планирования и технико-экономического обоснования.

Горно-техническая рекультивация на отработанных участках россыпи шириной 80—400 м, глубиной 4—8 м, отходы производства (торфа, гали и эфели) которых вторично переработаны на массу и представлены антропогенным ландшафтом, заключается в проведении водосборной канавы, планировке отвалов бульдозерами или фронтальными погрузчиками в летний период и землевание вновь созданной поверхности. Целесообразно начинать работы в августе—сентябре при протаивании породных отвалов на глубину 2—2,5 м и более. Созданной поверхности придают уклон 0,5—1° в сторону водосбора. Мелкозем наносят слоем 0,2—0,3 м путем бульдозерной планировки. Объем планировочных работ 5—6 тыс. м³/га, затраты машинного времени 22—28 мат. ч/га.

Горно-техническая рекультивация на россыпях шириной 50—200 м, глубиной 10—20 м по транспортной схеме с плоскими отвалами вскрышных пород на одном или двух бортах разреза и внутрикарьерным размещением гале-эфельных отвалов за-

ключается в раздельной планировке вскрышных отвалов бульдозерами и гале-эфельных бульдозерами, пневмоколесными погрузчиками и колесными скреперами. Работы выполняют летом послойной разработкой оттаявших пород на глубину 0,2—0,5 м и зимой при текущем отвалообразовании. Объем планировочных работ на породных отвалах 1,5—3 тыс. м³/га, стоимость работ 300—450 руб/га (в ценах 1982 г.). На гале-эфельных отвалах объем планировочных работ 4—5 тыс. м³/га, стоимость работ с учетом нанесения мелкозема не превышала 3 тыс. руб/га (в ценах 1982 г.).

Горно-техническая рекультивация на отработанных россыпях шириной 40—160 м (80—320 м), глубиной 2—8 м с отвалами вскрышных пород, размещенными на одном или двух бортах разреза под углом 12—20° заключается в бульдозерной переэкскавации части породного отвала в выработанное пространство и последующем выравнивании поверхности под углом 3—6° в сторону водосборной канавы. Объем переэкскавации при ширине карьера 140 м и глубине от 2 до 8 м соответственно от 5 до 23 тыс. м³/га. Мерзлые породы ответов разрабатывают по мере их оттаивания слоями 0,1—0,15 м с первой декады июня до середины сентября.

Горно-техническая рекультивация на отработанных россыпях шириной 40—160 (90—320) м, высотой 4—10 м с отвалами пустых пород, образованными экскаваторами-драглайнами на одном или двух бортах разреза под углом 45°, заключается в бульдозерной переэкскавации части отвалов в разрезе и последующем выравнивании оставшихся на борту разреза объемов вскрыши с образованием единой искусственной поверхности рельефа под углом 4—7° в сторону водосборной канавы. Очередность ведения работ: накопление оттаявшего слоя 1,2—1,6 м для планировки — I—II декада июня; разваловка гребней и самих отвалов — III декада июня; накопление слоя 1,5—2 м — июль и начало работ по переэкскавации — август.

Биологическая рекультивация земель представляет собой комплекс организационно-хозяйственных и агротехнических мероприятий, направленных на восстановление плодородия

почв, повышение урожайности возделываемых культур и получение наибольшего количества сельскохозяйственной продукции с каждого гектара при наименьших затратах труда и средств. В систему агрономических мер при биологической рекультивации входит: освоение новых земель под пашню, обработка почвенного горизонта полей, введение рациональных севооборотов, обогащение почвенного слоя органическими и минеральными удобрениями, защита растений от вредителей, болезней и т.п. Целевой задачей является проведение двух мероприятий: повышение плодородия почв на рекультивируемых участках в процессе их освоения и дальнейшей эксплуатации и обеспечение современной технологии возделывания культур.

1. Анзимилов Л.В. Оценка устойчивости техногенного рельефа в морфосистемах Кузбасса в связи с проблемой рекультивации долинных гидроотвалов: Автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. геогр. наук. — М., 1990.
2. Бессонов Е.А. Технология и механизация гидромеханизированных работ. Справочное пособие. — М.: Центр, 1999.
3. Бруякин Ю.В., Тухель А.Э. Переработка пород при гидромеханизированной разработке песчано-гравийных месторождений. — М.: МГИ, 1990.
4. Буянов Ю.Д., Краснопольский А.А. Разработка месторождений нерудных полезных ископаемых. — М.: Недра, 1980.
5. Временные указания по проектированию гидроотвалов из глинистых грунтов и прогнозирование их состояния. Министерство монтажных и специальных строительных работ СССР. Главное техническое управление. Центральное бюро научно-технической информации. — М, 1972.
6. Гальперин А.М., Дьячков Ю.Н. Гидромеханизированные природоохранные технологии. — М.: Недра, 1993.
7. Горная энциклопедия. — Том 2. — М.: Советская энциклопедия, 1986.
8. Гидравлическое складирование хвостов обогащения: Справочник. — М.: Недра, 1991.
9. Гидротехнические сооружения: Справочник проектировщика. — М.: Стройиздат, 1983.
10. Глевицкий В. И. Гидромеханизация в транспортном строительстве. — М.: Транспорт, 1988.
11. Джваршеишвили А.Г. Системы трубного транспорта горно-обогатительных предприятий. — М.: Недра, 1981.
12. Добрецов В.Б. Сапропели России. — С-Пб.: Изд-во ГИОРД, 2005.
13. Дробаденко В.П. Интенсификация горных гидромеханических работ на предприятиях цветной металлургии. — М.: ЦНИИ-ЦВЕТМЕТ экономики и информатики. — 1988. — Вып. 3.

14. *Егоров В.К., Каменецкий В.Л., Харченко С.Л., Штин С.М.* Научные и практические достижения в области гидромеханизации. — М.: МГГУ, 2001.
15. *Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.* Госгортехнадзор СССР. — М.: Недра, 1987.
16. *Емельянов В.И.* Опыт эксплуатации мощной землеройно-транспортной техники при разработке россыпных месторождений. Обзорная информация. ЦНИИЦВЕТМЕТ экономики и информатики, 1989. — Вып. 5.
17. *Жарницкий Е.П.* Землесосные снаряды с погружными грунтовыми насосами. — М.: Недра, 1988.
18. *Зеленукин Н.П., Равинский Л.М., Харин А.И.* Справочник гидромеханизатора. — Киев: Будівельник, 1969.
19. *Зубченко Г.В., Сулин Г.А.* Рациональное использование водно-земельных ресурсов по разработке россыпей. — М.: Недра, 1980.
20. *Истомин В.В., Наумов И.К., Черненко М.Б., Ялтанец И.М.* Терминология открытых горных работ / Под редакцией акад. В.В. Ржевского, — М.: МГИ, 1987.
21. *Каталог обогатительного оборудования.* Л.: ГИПРНЕМЕТРУД, 1961.
22. *Кашипар Л.Н.* Процессы открытых горных работ в примерах и задачах. — М.: УДН, 1987.
23. *Кисляков В.Е.* Гидротехнические сооружения. — Красноярск: КИЦМ, 1987.
24. *Колбасин А.А., Середа Г.Л., Тартаковский В.Н. и др.* Рациональная разработка недр и охрана природы на карьерах. — М.: Недра, 1983.
25. *Костромин М.В.* Разработка научно-методических основ и организационно-технологических методов повышения эффективности дражных разработок россыпей: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. — Хабаровск, 1994.
26. *Костромитинов К.Н.* Эффективность разработки россыпей и пути ее повышения. — Иркутский университет, 1990.
27. *Кудряшов В.А., Потемкин С.В.* Основы проектирования разработки россыпных месторождений. — М.: Недра, 1988.

28. *Кожевников Н.Н.* Применение и совершенствование эжектирующих устройств земснарядов // Гидротехническое строительство. — 1995. — № 1.

29. *Куприн А.И.* Руководство по проектированию безнапорного гидротранспорта угля, породы и их смесей. — Госгортехнадзор, 1962.

30. *Лезгинцев Г.М.* Гидромеханизация разработки россыпей и методы расчетов. — М.: Наука, 1968.

31. *Лешков В.Г.* Разработка россыпных месторождений. — М.: Недра, 1985.

32. *Лешков В.Г.* Теория и практика разработки россыпей многочерпаковыми драгами. — М.: Недра, 1980.

33. *Липман А.А., Терехов Д.И., Шаненко Ф.Ф.* Обезвоживание строительных материалов. — М.: Стройиздат, 1975.

34. *Лобанов Д.П., Смолдырев А.Е.* Гидромеханизация геологоразведочных и морских работ. — М.: Недра, 1982.

35. *Матвеев А.А., Волкова В.М.* Повышение эффективности очистки промстоков при разработке россыпей. — М.: Недра, 1981.

36. *Медников Н.Н.* Открытая гидравлическая добыча полезных ископаемых // Научно-техническая конференция. Экологические проблемы горного производства. — М.: МГИ, 1993. — С. 73—75.

37. *Мельников Н.В., Реентович Э.И., Симкин Б.А. и др.* Теория и практика открытых разработок. — М.: Недра, 1979.

38. *Молочников Л.Н., Ляшевич В.В.* Эксплуатация и ремонт оборудования гидромеханизации. — М.: Недра, 1982.

39. *Научно-исследовательская работа.* Переработка песчаных масс при разработке обводненных месторождений плавучими землесосными снарядами / исполн.: Ялтанец И.М., Тухель А.Э. — М.: МГГУ, 2004.

40. *Нормы технического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов.* — Л.: Стройиздат, 1977.

41. *Нурок Г.А., Лутовинов А.Г., Шерстюков А.Д.* Гидроотвалы на карьерах. — М.: Недра, 1977.

42. *Нурок Г.А.* Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. — М.: Недра, 1985.

43. *Огородников С.П.* Гидромеханизация разработки грунтов. — М.: Стройиздат, 1986. — с. 256.

44. *Олюнин В.В.* Переработка нерудных строительных материалов. — М.: Недра, 1988.

45. *Песок для строительных работ. Технические условия. ГОСТ 8736—93.* — М.: Межгосударственный стандарт. Дата введения 1995-07-01.

46. *Поваров А.И.* Гидроциклоны. — М.: ГНТИЛ по горному делу, 1961.

47. *Поваров А.И.* Гидроциклоны на обогатительных фабриках. — М.: Недра, 1978.

48. *Попов Ю.А., Рошупкин Д.В., Пеняский Т.И.* Гидромеханизация в Северной строительной-климатической зоне. — Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1982.

49. *Потемкин С.В.* Оттайка мерзлых пород. — М.: Недра, 1991.

50. *Предохранение рек от загрязнения при разработке россыпных месторождений / С.М. Шорохов, А.А. Зуйков, Г.В. Зубченко и др.* — М.: Недра, 1980.

51. *Промышленные испытания гидроциклона диаметром 1400 мм // Обогащение руд.* — 1973. — № 3.

52. *Пучков Л.А.* Развитие исследований по охране окружающей среды в горной промышленности. Научно-экологические проблемы горного производства. — М.: МГИ, 1993.

53. *Пятаков В.Г.* Научно-методическое обоснование интенсификации процессов дражных разработок многолетнемерзлых россыпных месторождений неглубокого залегания: Автореф. дисс. д-ра техн. наук. — М., 1994.

54. *Пятничкий К.А.* Эксплуатация самоотводных землесосных снарядов. — М.: Транспорт, 1983.

55. *Ржевский В.В.* Открытые горные работы. Часть 1, часть 2. — М.: Недра, 1985.

56. *Славутский С.О., Антонов В.А., Цвирко П.П.* Открытые горные работы гидравлическим способом. — М.: Недра, 1965.

57. *Спиваковский А.О., Гончарович И.Ф.* Специальные транспортирующие устройства в горнодобывающей промышленности. — М.: Недра, 1985.

58. *Справочник по добыче и переработке нерудных строительных материалов.* — М.: Стройиздат, 1975.

59. *Строительные материалы*. Справочник. — М.: Стройиздат, 1989.

60. *Стариков А.С.* Технологические процессы земснарядов. — М.: Транспорт, 1989.

61. *Техника* и технология подготовки многолетнемерзлых пород к выемке / В.И. Емельянов, А.Ф. Назарчик, Г.З. Перельштейн и др. — М.: Недра, 1978.

62. *Технологические карты* производства гидромеханизированных земляных работ: Техническая часть. Трест «Гидромеханизация», проектная контора «Гидромехпроект». — М.: 1982.

63. *Токмаков П.И., Коваленко В.С., Михайлов А.М., Калашников А.Т.* Экология и охрана природы при открытых горных работах. — М.: Изд-во МГГУ, 1994.

64. *Троицкий В.В.* Обогащение нерудных строительных материалов. — Л.: Стройиздат, 1986.

65. *Тур В.И., Минаев А.В., Карелин В.Я.* Насосы и насосные станции. — М.: Стройиздат, 1977.

66. *Упоров Н.Г., Экарёв С.Б.* Землесосные снаряды и перекачивающие установки. — М.: Высшая школа, 1974.

67. *Харин А.И., Новиков М.Ф.* Гидромеханизация земляных работ в строительстве. — М.: Стройиздат, 1989.

68. *Хныкин В.Ф.* Гидравлическая разработка россыпных месторождений. — М.: МГРИ, 1988.

69. *Шелоганов В.И., Кононенко Е.А.* Насосные установки гидромеханизации. — М.: МГГУ, 1999.

70. *Шкундин Б.М.* Гидромеханизация в энергетическом строительстве. — М.: Энергоиздат, 1986.

71. *Шкундин Б.М.* Машины для гидромеханизации земельных работ. Справочное пособие. — М.: Стройиздат, 1982. — с. 125.

72. *Шорохов С.М.* Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений. — М.: Недра, 1973.

73. *Юфин А.П.* Гидромеханизация. — М.: Стройиздат, 1974.

74. *Ялтанец И.М.* Выбор параметров гидромеханизации на карьерах. — М.: Недра, 1980.

75. *Ялтанец И.М.* Проектирование открытых гидромеханизированных работ и дражных разработок месторождений. — М.: МГГУ, 2003.

76. *Ялтанец И.М., Бессонов Е.А.* Технология разработки обводненных песчаных месторождений в условиях Крайнего Севера, — М.: МГИ, 1989.

77. *Ялтанец И.М., Кулигин В.И.* Гидромеханизация открытых горных работ. — М.: МГГУ, 1996.

78. *Ялтанец И.М., Егоров В.К.* Гидромеханизация. Справочный материал. — М.: МГГУ, 1999.

79. *Ялтанец И.М., Щадов М.И.* Практикум по открытым горным работам. — М.: МГГУ, 2003.

80. *Ялтанец И.М.* Проектирование открытых гидромеханизированных и дражных разработок месторождений. — М.: МГГУ, 2003.

Приложение 1

Задача № 1

Определить оптимальную ширину и вычертить схему забоя при разработке россыпи драгой 250Д.

Дано: средняя мощность продуктивной толщи $H_p = 10$ м; размер залежи в плане $L \times B = 7000 \times 300$ м; район расположения месторождения — бассейн р. Амур; категория пород III.

Решение.

1. Оптимальная ширина забоя драги:

$$B_n = 2R_c \sin \frac{\beta_n}{2}, \text{ м,}$$

где R_c — радиус черпания драги на среднем горизонте, м,

$$R_c = D + IO - \Gamma + \sqrt{(A + r)^2 - (B + \delta + H_1 - 0,5H_p)^2}, \text{ м;}$$

$D = 42,8$ м — длина понтона; $IO = 5,2$ м — расстояние от оси понтона до оси сваи; $\Gamma = 12,2$ м — расстояние от носа понтона до вертикальной оси верхнего барабана; $A = 31,7$ м — длина черпаковой рамы между осями барабанов; $r = 1,7$ м — радиус черпания на нижнем барабане; $B = 10,8$ м — высота установки оси верхнего барабана над палубой понтона; $\delta = 1$ м — средняя высота надводного борта; $H_1 = 10$ м — глубина черпания (принимается равной мощности россыпи); $H_p = 10$ м — мощность россыпи;

$$R_c = 42,8 + 5,2 - 12,1 + \sqrt{(31,7 + 1,7)^2 - (10,8 + 1 + 10 - 0,5 \cdot 10)^2} = 62 \text{ м;}$$

β_n — оптимальный угол маневрирования драги, градусы;

$$\beta_n = 47,8 \sqrt{1000 \frac{V_6 h}{H_p R_c} \left(t_1 + \frac{H_p}{h} t_2 \right)}, \text{ градусы};$$

$V_6 = 0,14$ м/с — скорость бокового перемещения драги; h — мощность одного срабатываемого слоя, м,

$$h = 0,1 \sqrt{\frac{41 E}{a \rho}} = 0,1 \sqrt{\frac{41 \times 0,25}{3,4 \times 1,25}} = 0,160 \text{ м};$$

a — величина зашагивания драги, м, $a = (1,8 + 2,8) \times 2 = 2,0 \times 1,7 = 3,4$ м; $\rho = 1,25$ — коэффициент разрыхления породы; $t_2 = (0,2 + 1)$, мин — время простоев драги в углах забоя при переходе к выемке нижележащего слоя ($t_2 = 0,8$ мин для расчета); $t_1 = (4 + 30)$ мин — продолжительность зашагивания драги ($t = 25$ мин для расчета);

$$\beta_n = 47,8 \sqrt{1000 \times \frac{0,14 \times 0,16}{10 \times 62} \left(25 + \frac{10}{0,16} \times 0,8 \right)} = 50^\circ.$$

Тогда (рис. П1) $B_n = 2 \times 62 \cdot \sin 50/2 = 51$ м.

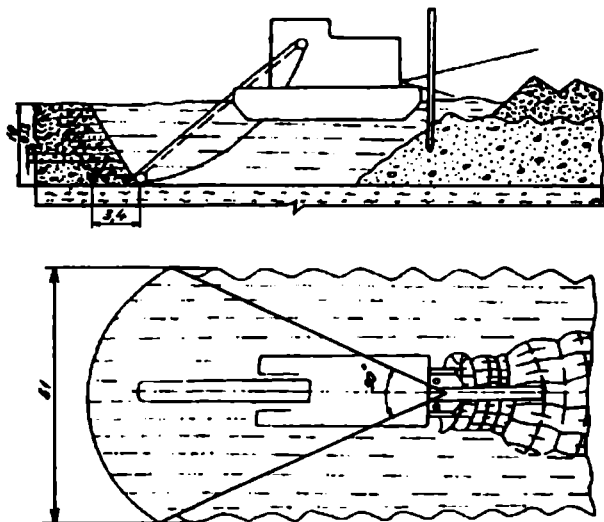


Рис. П1. Схематическое изображение забоя драги 250Д

Задача № 2

Рассчитать параметры дражного забоя, производительность драги и игловую оттайку пород.

Дано: система разработки — одинарно-поперечная; тип залежи ВГСП; $H_p = 10$ — средняя мощность продуктивной толщи, м; мощность вскрыши до верхнего продуктивного горизонта: минимальная 0,5 м; максимальная 1,5 м; размеры залежи в плане: $L = 5000$ м; $B = 200$ м; район работ — бассейн р. Колыма; россыпь расположена в пойменной части ручья; категория пород — III; уклон долины — $i = 0,008$; средний уровень воды — 9 м выше плотика; россыпь обрабатывается драгой 250Д.

Характеристика драги 250 Д

	Значение показателей, м
Длина понтона D	42,8
Расстояние от оси понтона до оси сваи $Ю$	0,95
Расстояние от носа понтона до оси верхнего барабана $Г$	19,2
Длина черпаковой рамы между осями барабанов A	31,7
Радиус черпания на нижнем барабане	1,7
Высота установки оси верхнего барабана над палубой понтона $Ч$	10,8
Расстояние от точки выемки до уровня воды H_4	—
Высота подводного борта понтона O	1,0
Ширина понтона в носовой части $Э$	9,0
Ширина режущей части черпака P	1,07
Расстояние между краевой точкой режущей части черпака и торцовой крышкой подшипника нижнего барабана $У$	0,6
Длина носового сноса по борту $П$	9,4
Ширина понтона $Ш$	18,6
Расстояние между сваями M	5,2
Ширина установки корневых колод $У$	17,4
Длина кормовых колод K	10,0
Длина отвалообразователя T	32,2
Расстояние установки опоры стакера над палубой $Л$	4,4
Диаметр верхнего барабана D_1	1,2

I. Расчет дражного забоя

1.1. Ширина дражного забоя:

$$B = 2 R \sin \frac{\beta}{2} \text{ м,}$$

где R — радиус черпания, м; β — угол маневрирования, градусы.

Для расчетов дражного забоя необходимо определить радиус черпания на уровне воды, по дну разреза, на среднем горизонте, а также минимальный и оптимальный углы маневрирования.

1.2. Радиус черпания на уровне воды:

$$\begin{aligned} R_{\text{в}} &= D + Ю - Г + \sqrt{(A + r)^2 - (B + б \pm H_4)^2} = \\ &= 42,8 + 0,95 - 19,2 + \\ &+ \sqrt{(31,7 + 1,7)^2 - (10,8 + 1,0 \pm 0)^2} = 56,1 \text{ м.} \end{aligned}$$

1.3. Радиус черпания по дну разреза:

$$R_{\text{д}} = D + Ю - Г + \sqrt{A^2 - (B + б + H_1 + Z - r)^2},$$

где H_1 — подводная глубина россыпи, м;

$$H_1 = H_{\text{р}} - M = 10 - 1 = 9 \text{ м,}$$

где Z — глубина задирки плотика ($Z = 0,3$) м;

$$\begin{aligned} R_{\text{д}} &= 42,8 + 0,95 - 19,2 + \\ &+ \sqrt{31,7^2 - (10,8 + 1,0 + 9 + 0,3 - 1,7)^2} = 49,9 \text{ м.} \end{aligned}$$

1.4. Радиус черпания на среднем горизонте:

$$\begin{aligned} R_{\text{с}} &= D + Ю - Г + \sqrt{(A + r)^2 - (B + б + H_1 - 0,5H_{\text{р}})^2} = \\ &= 42,8 + 0,95 - 19,2 + \\ &+ \sqrt{(31,7 + 1,7)^2 - (10,8 + 1,0 + 9 - 0,5 \cdot 10)^2} = 54 \text{ м.} \end{aligned}$$

1.5. Наименьший угол поворота драги:

$$\beta_{\min} = 16,7 \times$$

$$\times \sqrt{100 \left[1 - \frac{m_1 m_2 \sqrt{m_1^2 m_2^2 + n_1^2 n_2^2 - S^2} - n_1 n_2 S}{m_1^2 m_2^2 + n_1^2 n_2^2} \right]} \text{ градусы,}$$

где

$$m_1 = R_c - (Д + Ю) = 54,0 - (42,8 + 0,95) = 10,85 \text{ м;}$$

$$n_1 = 0,5 (Э - P - 2 y) = 0,3 (9,0 - 1,07 - 2 \cdot 0,6) = 3,4 \text{ м;}$$

$$m_2 = R_c - (Д + Ю - Я) = 54,0 - (42,8 + 0,95 - 9,4) = 9,6 \text{ м;}$$

$$n_2 = 0,5 (Ш - P - 2 y) = 0,5 (18,6 - 1,07 - 2 \cdot 0,6) = 8,2 \text{ м;}$$

$$s = e + K a,$$

e — безопасный зазор на уровне днищ понтона, который принимается равным $(10 \div 20)$ % от высоты надводного борта россыпи, м;

$$e = 0,2 \cdot 1 = 0,2 \text{ м;}$$

K — коэффициент, учитывающий высоту бортового зуба ($K = 0,46$); $a = 4$, м;

$$\beta_{\min} = 16,7 \cdot \sqrt{100} \times$$

$$\times \left[1 - \frac{10,25^2 \cdot 9,6 \sqrt{10,25^2 \cdot 9,6^2 + 3,4^2 \cdot 8,2^2 - 2,05^2} - 3,4 \cdot 8,2 \cdot 2,05}{10,25^2 \cdot 9,6^2 + 3,4^2 \cdot 8,2^2} \right] = 75^\circ$$

1.6. Оптимальный угол маневрирования:

$$\beta_n = 47,8 \sqrt{1000 \frac{V_6 h}{H'_p R_c} \left(t_1 + \frac{H'_p}{h} t_2 \right)}, \text{ градусы,}$$

где V_6 — скорость бокового перемещения драги $V_6 = 0,15$, м/с;
 H'_p — мощность россыпи срабатываемых черпаками (принимается $H'_p = 9,0$ м в предположении, что вся подводная часть россыпи срабатывается черпанием), м; $t_1 = 4 \div 30$ — продолжительность зашагивания драги на новый забой ($t_1 = 20$, мин); $t_2 = 0,2 \div 1$ — время простоев драги в углах забоя при переходе к выемке нижележащего слоя ($t_2 = 0$ для расчетов); h — величина послынного опускания рамы (мощность срабатываемого слоя), м,

$$h = 0,1 \sqrt{\frac{41E}{a \rho}} \text{ м};$$

$E = 0,25 \text{ м}^3$ — вместимость черпака; $\rho = 1,25$ — коэффициент разрыхления породы III категории;

$$h = 0,1 \sqrt{\frac{41 \cdot 0,25}{4 \cdot 1,25}} \approx 0,14 \text{ м};$$

$$\beta_n = 47,8 \sqrt{1000 \frac{0,15 \cdot 0,14}{9 \cdot 54,0} \left(20 + \frac{9}{0,14} 0,8 \right)} \approx 70^\circ.$$

В связи с тем, что оптимальный угол меньше минимального, т.е. $\beta_{\min} > \beta_n$, по условиям нормальной работы драги необходимо принять угол равный минимальному, с некоторым запасом для маневрирования.

Окончательно принимается $\beta = 80^\circ$.

1.7. Ширина дражного забоя по поверхности:

$$b_1 = 2 R_b \sin \frac{\beta}{2} = 2 \cdot 56,1 \cdot 0,63 \approx 71 \text{ м}.$$

1.8. Ширина дражного забоя по дну разреза:

$$b_2 = 2 R_d \sin \frac{\beta}{2} = 2 \cdot 49,9 \cdot 0,63 \approx 63 \text{ м}.$$

1.9. Ширина дражного забоя на среднем горизонте:

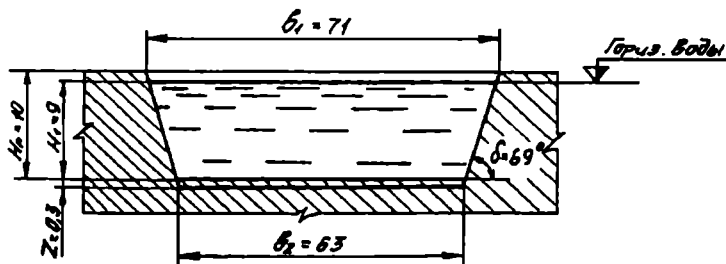


Рис. П2. Схема разреза в сечении

$$b_c = 2 R_c \sin \frac{\beta}{2} = 2 \cdot 54 \cdot 0,63 \approx 68 \text{ м.}$$

1.10. Угол откоса бортов разреза (рис. П2):

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2(H_p + Z)}{b_1 - b_2} = \frac{2(10 + 0,3)}{71 - 63} = 2,58, \quad \delta = 69^\circ.$$

II. Определение размеров и размещение дражных отвалов (рис. П3, П4)

Для расчетов необходимо задаться значениями ряда коэффициентов (по С.М. Шорохову):

$\mu_k = 0,35$ — коэффициент каменистости;

$\mu_n = 0,04$ — коэффициент пропуска пород через подчерпачный уловитель;

$\mu_r = 0,06$ — коэффициент недогροхачиваемости пород в бочке;

$\mu_b = 0,02$ — коэффициент выноса породы.

2.1. Коэффициент выхода пород на отвалообразователь:

$$\mu = \mu_k - \mu_n + \mu_r = 0,35 - 0,04 + 0,06 = 0,37.$$

2.2. Поперечное сечение нижнего эфельного отвала:

$$S_1 = H_p \cdot b_c (1 - \mu - \mu_b) \rho_m, \text{ м}^2,$$

где $\rho_m = (1,07 \div 1,12)$ — коэффициент разрыхления пород в эфельных отвалах ($\rho_m = 1,1$);

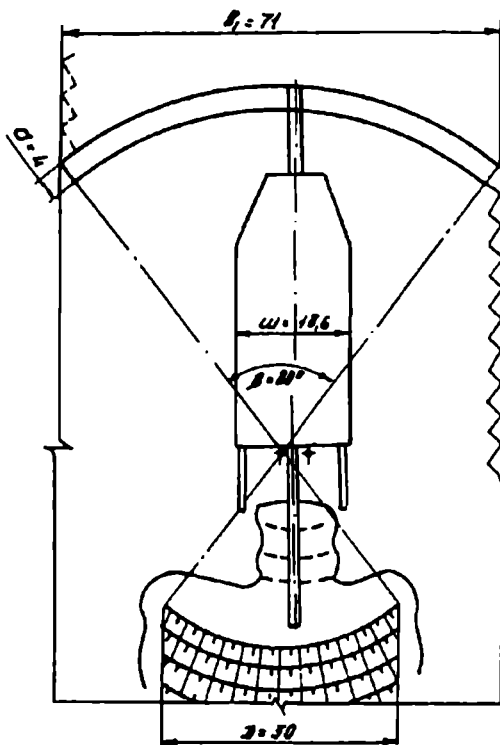


Рис. ПЗ. Схема размещения отвала в плане

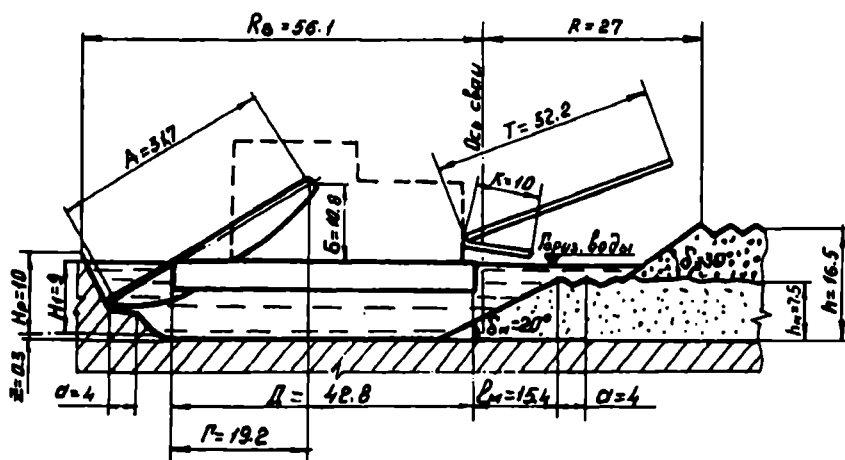


Рис. П4. Схема размещения отвала (в продольном разрезе)

$$S_1 = 10 \cdot 68 (1 - 0,37 - 0,02) 1,1 = 442 \text{ м}^2.$$

2.3. Приближение кормовой колоды к отвалу:

$$l_k = 0,5 (Y + M) \sin \frac{\varphi}{2} - \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2} \right) (K - Ю) =$$

$$= 0,5 (17,4 + 5,2) 0,63 - (1 - 0,77) (10,0 - 0,95) \approx 5,0 \text{ м}.$$

2.4. Расстояние от кормы до гребня отвала:

$$l_n = K + l_k + Y_1, \text{ м},$$

где Y_1 — расстояние выброса эфелей за кормовую колоду ($Y_1 = 0,4 \text{ м}$);

$$l_n = 10 + 5,0 + 0,4 = 15,4 \text{ м}.$$

2.5. Подводная глубина разреза в месте укладки эфельных отвалов

$$H_r = H_p^1 + Z - x_1, \text{ м},$$

где x_1 — величина подъема плотика в месте укладки отвалов ($x_1 = 0$), м;

$$H_r = 9 + 0,3 = 9,3 \text{ м}.$$

2.6. Высота нижнего отвала при $\mu = 0,35$ принимается в пределах $(0,5 \div 1) H_r$, т. е.

$$h_n = 0,8 H_r = 0,8 \cdot 9,3 \approx 7,5 \text{ м}.$$

2.7. Радиус рассеивания гали:

$$R = (T + T_{\text{доп}}) \cos \varphi + Y_2 - Л - Ю \text{ м},$$

где φ — угол наклона рамы отвалообразователя (принимается $\varphi = 18^\circ$; $\cos \varphi = 0,95$); $Y_2 = (0,7 \div 1,5)$ — расстояние выброса гали за ось окна выброса ($Y_2 = 1$), м; $T_{\text{доп}}$ — расстояние между осями верхнего барабана и окном выброса гали;

$$T_{\text{доп}} = 0,5 D_1 + (0,2 \div 0,4) = 0,5 \cdot 1,2 + 0,3 = 0,9 \text{ м};$$

$$R = (32,2 + 0,9) \cdot 0,95 + 1 - 4,4 - 0,95 = 27 \text{ м}.$$

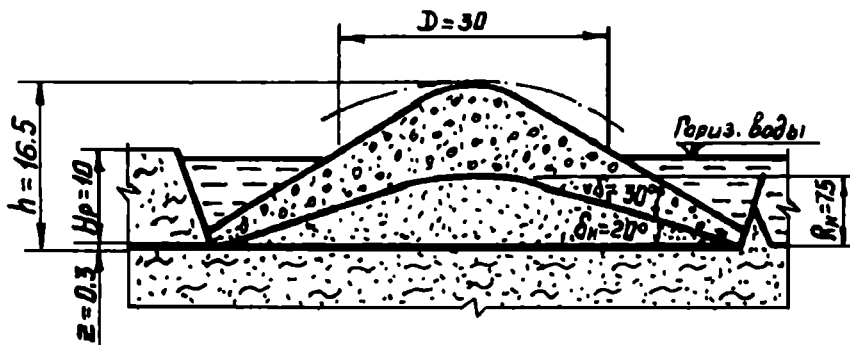


Рис. П5. Схема отвала в поперечном сечении

2.8. Высота верхнего отвала над эфелем отвалом:

$$h_v = (\mu H_p + Z) \nu \rho \epsilon + 0,25 a \operatorname{tg} \delta_r, \text{ м,}$$

где $\epsilon = 0,97/1,07$ — коэффициент перераспределения гали ($\epsilon = 1$); δ_r — средний угол галечного отвала в сторону понтона ($\delta_r = 30^\circ$); ν — коэффициент сосредоточенности отсыпки;

$$\nu = \frac{R_c}{D} = \frac{54}{30} = 1,8,$$

где $D = 30$ — ширина рассеивания гали, м;

$$h_v = (0,37 \cdot 10 + 0,3) 1,8 \cdot 1,25 \cdot 1 + 0,25 \cdot 4 \cdot 0,56 \approx 9,5 \text{ м.}$$

2.9. Полная высота дражного отвала:

$$h = h_n + h_v - h_{oc} = 7,5 + 9,5 - 0,5 = 16,5 \text{ м,}$$

где $h_{oc} = 0,5$ м — осадка отвала.

Основные расчетные параметры дражного разреза приведены на рис. П3—П6.

III. Определение производительности драги

3.1. Часовая производительность драги:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{60 E n}{\rho} K_n, \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где $K_n = 0,74$ — коэффициент наполнения черпаков; $n = 28$ — число черпаков в минуту;

$$Q_{\text{ч}} = \frac{60 \cdot 0,25 \cdot 28}{1,25} 0,74 \approx 250, \text{ м}^3/\text{ч},$$

3.2. Суточная производительность драги:

$$Q_{\text{сут}} = 24 K_n Q_{\text{ч}} \text{ м}^3/\text{сут},$$

где $K_n = 0,75$ — коэффициент использования времени в течение суток для районов Северо-Востока;

$$Q_{\text{сут}} = 24 \cdot 0,75 \cdot 250 = 4500 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

3.3. Сезонная производительность драги:

$$Q_{\text{сез}} = Q_{\text{сут}} T_{\text{сез}}, \text{ м}^3/\text{сез},$$

где $T_{\text{сез}} = 165$ дней — средняя продолжительность сезона для районов Северо-Востока,

$$Q_{\text{сез}} = 4500 \cdot 165 \approx 750\,000 \text{ м}^3/\text{сез}.$$

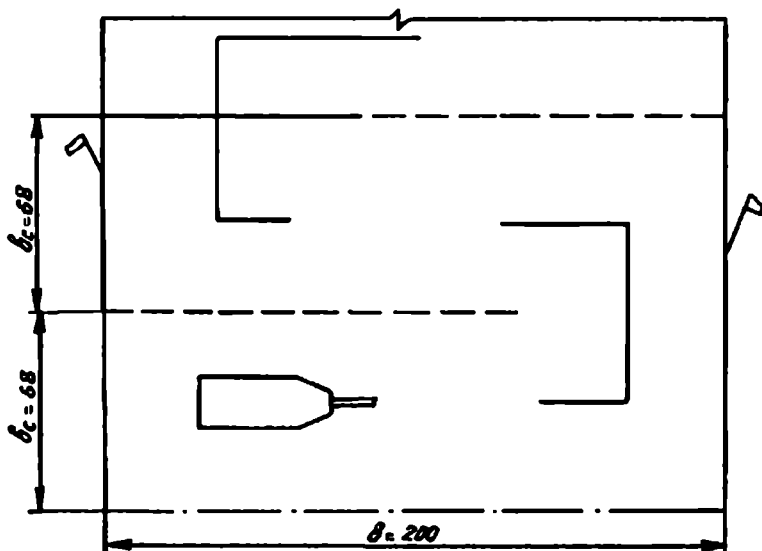


Рис. П6. Одинарно-поперечная система разработки залежи

IV. Расчет процесса излового оттаивания мерзлых пород

Для расчета необходимы следующие параметры:

- ♦ $t_n = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ — температура воды подводимой к игле;
- ♦ $t_n^I = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ — необходимая температура оттаивания пород;
- ♦ $t_n = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ — температура мерзлых пород;
- ♦ $\beta_n = 0,15$ — коэффициент влажности пород;
- ♦ $N_p = 120$ — число дней по оттайке;

4.1. Количество тепла, необходимое для нагрева 1 м^3 мерзлой породы до заданной температуры:

$$K_T = K_1 + K_2 + K_3 + K_4, \text{ ккал/м}^3,$$

где K_1 ; K_2 ; K_3 ; K_4 — соответственно расходы тепла для нагрева мерзлых пород, для нагрева льда до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, на скрытую теплоту плавления льда, на нагрев воды до $2\text{ }^{\circ}\text{C}$;

$$K_1 = q_n C_1 (t_n^I - t_n), \text{ ккал/м}^3;$$

где $C_1 = 0,2\text{ ккал/кг}\cdot\text{градус}$ — удельная теплоемкость твердой части породы;

$$q_n = \frac{1000 \gamma_c}{1 + \beta_n} = \frac{1000 \cdot 1,85}{1 + 0,15} \approx 1600 \text{ кг},$$

γ_c — плотность мерзлой породы при плотности $\gamma_{тв} = 2,65\text{ кг/дм}^3$ для песков и пористости $m = 0,3$;

$$K_1 = 1600 \cdot 0,2 (2 - (-4)) = 1920 \text{ ккал/м}^3;$$

$$K_2 = q_n C_2 (0^{\circ} - t_n), \text{ ккал/м}^3,$$

где $C_2 = 0,5\text{ ккал/(кг}\cdot\text{градус)}$ — удельная теплоемкость льда;

$$q_n = 1000 \gamma_c - \gamma_{тв} = 1000 \cdot 1,85 - 1600 = 250 \text{ кг};$$

$$K_2 = 250 \cdot 0,5 (0 - (-4)) = 500 \text{ ккал/м}^3;$$

$$K_3 = q_n \cdot C_n = 250 \cdot 80 = 20\,000 \text{ ккал/м}^3,$$

$C_n = 80\text{ ккал/кг}$ — удельная теплота плавления льда;

$$K_4 = q_{\text{ж}} C_{\text{в}} (t_{\text{n}}^{\text{I}} - 0^0), \text{ ккал/м}^3,$$

$C_{\text{в}} = 1 \text{ ккал/}(\text{кг} \cdot \text{градус})$ — удельная теплоемкость воды;

$$K_4 = 250 \cdot 1 \cdot 2 = 500 \text{ ккал/м}^3;$$

$$K_{\text{т}} = 1920 + 250 + 20\,000 + 500 = 21\,670 \text{ ккал/м}^3.$$

4.2. Удельный расход воды на игловую оттайку:

$$a = \frac{K_{\text{т}}}{1000 (t_{\text{n}} - t_{\text{n}}^{\text{I}}) C_{\text{в}} \eta}, \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

где $\eta = 0,4 \div 0,5$ — коэффициент использования тепла (принимаем $\eta = 0,5$);

$$a = \frac{21\,670}{1000 (8 - 2) 1 \cdot 0,5} = 7,20 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

В соответствии с рекомендациями расстояние между иглами принимается в пределах 3—10 м, а расход воды через иглу 0,5—1 л/с.

Тогда расстояние между иглами $l_{\text{n}} = 6 \text{ м}$ и расход воды через иглу

$$Q_{\text{n}} = 0,8 \text{ л/с} = 2,88 \text{ м}^3/\text{с}.$$

4.3. Продолжительность действия гидроиглы, включая осадку и выдержку при непрерывной подаче воды:

$$T = a \frac{W}{24 Q_{\text{n}}} \text{ сут},$$

где W — объем породы, оттаиваемой иглой,

$$W = H_{\text{р}} l_{\text{n}}^2 = 10 \cdot 6^2 = 360 \text{ м}^3;$$

$$T = 7,2 \frac{360}{24 \cdot 2,88} \approx 38 \text{ сут},$$

4.4. Общее число игл на участке россыпи, где должно быть окончено оттаивание в течение теплового сезона:

$$N_{\text{общ}} = 1,15 \frac{S}{l_n^2}, \text{ шт.},$$

где S — площадь участка, м^2 ;

Площадь участка определяется на основании следующих рассуждений.

При $H_p = 10$ м и $Q_{\text{сут}} = 4500 \text{ м}^3/\text{сут}$

$$S = \frac{Q_{\text{сут}} N_p}{H_p} = \frac{4500 \cdot 120}{10} = 54\,000 \text{ м}^2,$$

тогда

$$N_{\text{общ}} = 1,15 \frac{54\,000}{6^2} = 1650 \text{ шт.},$$

4.5. Число одновременно работающих игл:

$$N = \frac{T (N_{\text{общ}} - N_{\text{пр}})}{T_{\text{общ}} - T} \text{ шт.},$$

где $N_{\text{пр}}$ — число предварительно погруженных игл для работы в следующем сезоне (для расчетов принимаем $N_{\text{пр}} = 0$);

$$T_{\text{общ}} = N_p = 120 \text{ сут. (дней)}.$$

После подстановки значений имеем:

$$N = \frac{38 (1650 - 0)}{120 - 38} = 780 \text{ шт.}$$

4.6. Производительность насосной станции:

$$Q_{\text{н. ст}} = N Q_n = 780 \cdot 2,88 = 2250 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Задача № 3

Обогащение песков в гидроциклоне*

1. Исходные данные для расчета рабочих параметров гидроциклона

1. Грансостав песка (табл. П.1).

Таблица П.1

Гранулометрический состав исходного материала

Остатки на ситах, %	Размер сит, мм					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	> 0,16
Частные	0,3	1,1	4,8	25,5	49,5	18,8
Полные	0,3	1,4	6,2	31,7	81,2	—

Модуль крупности представленного песка составляет:

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100} =$$
$$= \frac{0,3 + 1,4 + 6,2 + 31,7 + 81,2}{100} = 1,21, \quad (1)$$

где $A_{2,5}$, $A_{1,25}$, $A_{0,63}$, $A_{0,315}$, $A_{0,16}$ — полные остатки на сите с размерами отверстий 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм, %.

При остатке на сите 0,63 = 6,2 % (менее 10 %) в соответствии с ГОСТ 8736—93 песок относится к группе «Очень мелкий» ($M_k = 1,0 \div 1,5$).

Следовательно, по грансоставу представленный природный песок не может быть использован в качестве мелкого наполнителя для тяжелых бетонов, что выражено рекомендациями и представлено на рис. П.7. Кроме того, рассматриваемый песок не может быть использован и как песок для штукатурных растворов, т.к. содержание классов +1,25 мм составляет 1,4 % при допустимой величине не более 0,5 % по массе.

* Расчет выполнен канд. техн. наук А.Э. Тухелем.

С целью использования песка представленного месторождения в качестве мелкого наполнителя для тяжелых бетонов его необходимо подвергнуть процессу обогащения.

Все последующие расчеты связаны с обоснованием выбора гидроциклона в качестве обогатительного устройства, обеспечивающего повышение модуля крупности (M_k) песка, грансостав которого представлен в табл. П.1, с целью использования его в качестве мелкого наполнителя для приготовления тяжелых бетонов.

2. Одним из главных параметров в исходных данных является производительность (приемная способность) гидроциклона по пульпе. В дальнейших расчетах принято два варианта (базовый и предполагаемый).

3. Плотность песка (γ_n) принята: $\gamma_n = 2,65 \text{ т/м}^3$.

4. Удельный расход воды при разработке песка принят в соответствии, для II группы пород, $T : Ж = 1 : (8 \div 9)$.

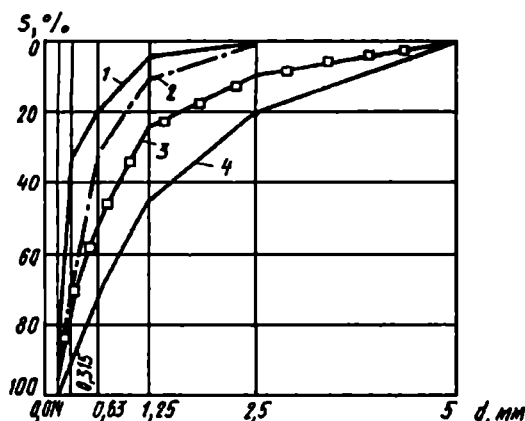


Рис. П.7. Зерновой состав песка для бетона:

1 — допустимая нижняя граница крупности песка (1,5); 2 — рекомендуемая нижняя граница крупности песка (2) для бетонов класса В15 и выше, а также для бетонов безнапорных бетонных и железобетонных труб; 3 — рекомендуемая нижняя граница крупности песка (2,5) для бетонов класса В25 и выше, а также для бетонов напорных и низконапорных железобетонных труб; 4 — допустимая верхняя граница крупности песков (3,25); d — размер отверстий сит; S — полные остатки на контрольных ситах

5. Средняя плотность пульпы $\gamma_n = 1,11 \text{ т/м}^3$.

6. Остаточный напор при выходе пульпы из трубопровода (или давление на входе в гидроциклон) принят ориентировочно и составляет:

$$H_0 \approx 15 \text{ м вод. ст.} \approx 1,5 \text{ кгс/см}^2 \approx 1,5 \text{ атм.}$$

2. Устройство и принцип работы гидроциклона

При обогащении нерудных строительных материалов для обесшламливания песка (готовой продукции), сгущения шламов и осветления оборотной воды часто применяют гидроциклоны.

К их преимуществам относятся простота конструкции, возможность разделения по граничной крупности до 0,01 мм, несложный монтаж и обслуживание.

Гидроциклон (рис П.8) состоит из цилиндрического корпуса 1, в который под давлением через тангенциально установленный

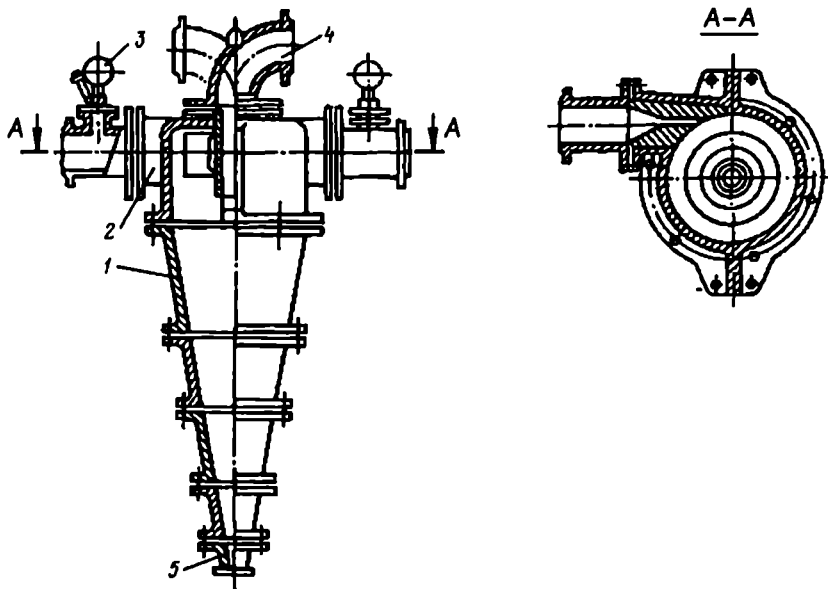


Рис. П.8. Схема гидроциклона:

1 — цилиндрический корпус; 2 — питающий патрубк; 3 — расходомер; 4 — сливной патрубк для слива глинистых и илистых частиц; 5 — песковая насадка для разгрузки крупных частиц

питающий патрубок 2 с расходомером 3 вводится пульпа. Под действием центробежной силы твердые частицы отклоняются к стенке корпуса, перемещаются вниз и разгружаются через песковую насадку 5. Слив из мелких глинистых и илистых частиц удаляется через сливной патрубок 4. С целью увеличения срока службы внутреннюю поверхность корпуса футеруют резиной, плитками каменного литья или выполняю из отбеленного чугуна. В горно-рудной промышленности они используются как классификаторы и сепараторы, работающие в замкнутых циклах с оборудованием измельчения на обогатительных фабриках, в промышленности производства строительных материалов используются в качестве сгустителей и обезвоживателей гидросмеси.

Главной действующей силой является центробежная, возникающая благодаря тангенциальной подаче питания. Под действием центробежной силы сравнительно крупные и тяжелые частицы твердого отбрасываются к стенкам гидроциклона и затем разгружаются через песковую насадку, а наиболее тонкие и легкие частицы выносятся со сливом.

Основными параметрами гидроциклона являются (рис. П.9):

- ◆ диаметр цилиндрической части D ;
- ◆ диаметр питающей насадки, он же эквивалентный диаметр питающего патрубка

$$d_n = d_s = 1,13\sqrt{bh}, \text{ см}, \quad (2)$$

где b , h — ширина и высота входного тангенциального отверстия в гидроциклоне, см;

- ◆ диаметр сливного патрубка $d_{сл}$, см;
- ◆ диаметр песковой насадки Δ , см;
- ◆ угол конусности α , градусы. Стандартным углом является $\alpha = 20^\circ$;
- ◆ производительность Q , м³/ч, л/мин;
- ◆ напор на входе в гидроциклон H , кг/см²;
- ◆ габаритные размеры и масса.

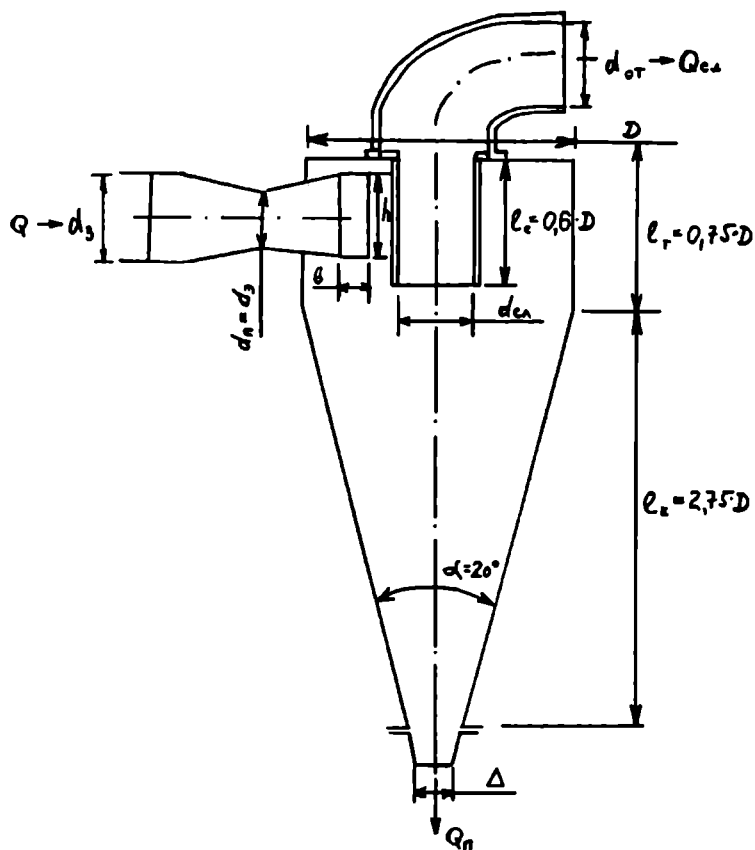


Рис. П.9. Принципиальная схема гидроциклона

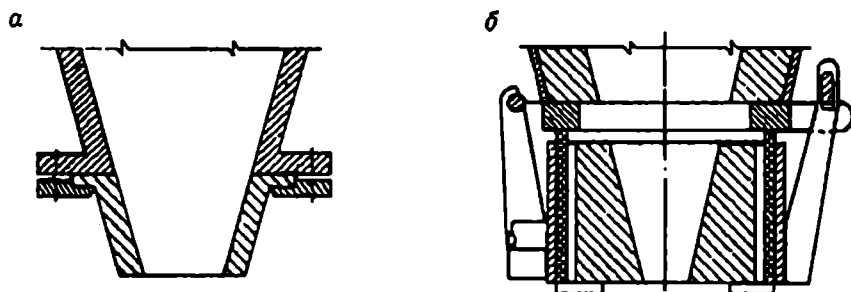


Рис. П.10. Варианты конструкции (a , b)

Большое значение в устойчивой работе гидроциклона и обеспечении точности разделения песка по граничному зерну ($d_{гр}$) имеет диаметр и форма песковой насадки. На рис. П.10 представлены конструктивные особенности этих насадок. Они должны быть съёмными и взаимозаменяемыми для разделения песка по крупности.

Соотношение основных параметров гидроциклонов:

♦ диаметр сливного патрубка ($d_{сл}$) в долях от единицы D (диаметр гидроциклона) составляет:

$$d_{сл} = (0,2 \div 0,4)D ; \quad (3)$$

♦ эквивалентный диаметр ($d_э$) питающего отверстия ($d_п$) в долях от единицы диаметра сливного патрубка ($d_{сл}$) составляет:

$$d_э = d_п = (1,0 \div 0,5)d_{сл} ; \quad (4)$$

♦ диаметр песковой насадки (Δ) в долях от диаметра сливного патрубка ($d_{сл}$) составляет:

$$\Delta = (0,2 \div 0,7)d_{сл} \quad (5)$$

3. Технологические расчеты

Технологические расчеты гидроциклона произведены по методике канд. техн. наук К.С. Бессмертного, включенной в действующие в настоящее время «Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов», утвержденные МПСМ СССР 30.12.75 и согласованные с ГОССТРОЙ СССР 07.04.75 № АБ-1493-20/12. Кроме того, с целью корректировки некоторых положений указанной методики использованы теоретические исследования и практические рекомендации д-ра техн. наук А.И. Поварова, выполненные в институте «Механобр».

В расчетах соблюдена последовательность определения основных параметров и по каждому из них произведена интерпретация полученных результатов.

Расчеты произведены по двум вариантам:

I. Базовый (расчетный) — $Q_n = 1800 \text{ м}^3/\text{ч}$;

II. Предполагаемый — $Q_n = 2200 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Первый вариант принят в виду того, что позволяет опираться на результаты промышленных испытаний гидроциклона диаметром 1400 мм, представленные коллективом авторов А.И. Поваровым, Л.Е. Даниэль, В.А. Кайтмановым, А.А. Геронтьевым.

1. Определение диаметра гидроциклона:

$$D = 0,2 + \frac{Q_n}{505 + 0,417Q_n}, \text{ м}, \quad (6)$$

где Q_n — подача от земснаряда на гидроциклон, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Получаем:

по I варианту — $D = 1,63 \text{ м}$;

по II варианту — $D = 1,75 \text{ м}$.

На наш взгляд эмпирическая формула (6) для расчета величины D дает несколько завышенный результат. Это подтверждается и результатами испытаний, где $Q_n = 1646 \text{ м}^3/\text{ч}$. Тогда расчетный диаметр был бы 1,58 м, а действительно составил 1,4 м.

Основываясь на этих заключениях, формулу (6) предлагается представить в следующем виде:

$$D = \frac{Q_n}{505 + 0,417Q_n}, \text{ м}. \quad (7)$$

Расчеты по (7) дают следующие результаты:

вариант I — $D = 1,43 \text{ м}$ (принимаем $D = 1,4 \text{ м}$);

вариант II — $D = 1,55 \text{ м}$ (принимаем $D = 1,6 \text{ м}$).

По результатам известных испытаний $D = 1,38 \text{ м} \approx 1,4 \text{ м}$.

2. Определяется диаметр сливного патрубка $d_{\text{сл}}$:

по «Нормам» $d_{\text{сл}} = (0,3 \div 0,4) D$;

по «Механобру» $d_{\text{сл}} = (0,2 \div 0,4) D$.

Принимаем $d_{\text{сл}} = 0,3 D$, получаем:

вариант I — $d_{\text{сл}} = 0,3 \cdot 140 = 42 \text{ см}$;

вариант II — $d_{\text{сл}} = 0,3 \cdot 160 = 48 \text{ см}$.

3. Определяем диаметр питающего патрубка d_n .

Выше было указано, что $d_n = d_s = (1,0 \div 0,5) d_{сн}$,

принимаем $d_n = 0,75 d_{сн}$, получим:

вариант I — $d_n = d_s = 0,75 \cdot 42 = 31,5$ см ;

вариант II — $d_n = d_s = 0,75 \cdot 48 = 36,0$ см .

Устанавливаем соотношение размеров входного отверстия $\frac{b}{h}$ на основании общепринятой практики, в частности по данным УЗГО — $\frac{b}{h} = \frac{1}{3}$.

Расчетами, проведенными по формуле $d_n = d_s = 11,3 \times \sqrt{bh}$, получаем:

вариант I — $bh = 16 \cdot 48$ см ;

вариант II — $bh = 19,5 \cdot 55,5$ см .

4. Принятый стандартный угол конусности $\alpha = 20^\circ$ проверяется по безразмерному параметру (число Фруда $F = \frac{\vartheta^2}{gD}$, где ϑ — скорость подачи пульпы в гидроциклон, м/с),

$$\vartheta = \frac{Q}{3600bh}, \text{ получаем:} \quad (8)$$

$$\text{вариант I — } \vartheta = \frac{1800}{3600 \cdot 0,16 \cdot 0,48} = 6,51 \text{ м/с ;}$$

$$\text{вариант II — } \vartheta = \frac{2200}{3600 \cdot 0,185 \cdot 0,555} = 5,95 \text{ м/с .}$$

Число Фруда:

$$\text{вариант I — } F = \frac{6,51^2}{9,81 \cdot 1,4} = 3,08 ;$$

$$\text{вариант II — } F = \frac{5,95^2}{9,81 \cdot 1,6} = 2,26 .$$

По обоим вариантам число Фруда превышает величину 1,5, что соответствует установленным нормам.

5. Определяем диаметр песковой насадки (см. формулу (5.)).

Учитывая очень большой разброс в выборе величины диаметра песковой насадки, воспользуемся рекомендациями «Норм» и определим диаметр песковой насадки по следующей эмпирической зависимости:

$$\Delta = (-0,524 + \frac{0,12d_{\text{сл}}}{D^{1,25}} + 0,54\gamma + \frac{0,0003\gamma\vartheta_0^2}{gD}) \frac{D^{1,25}}{2}, \text{ см}, \quad (9)$$

где $d_{\text{сл}}$ — диаметр сливного патрубка, см; D — диаметр цилиндрической части гидроциклона, см; γ — плотность пульпы, т/м³; ϑ_0 — скорость входа пульпы в гидроциклон, см/с.

В результате расчетов по (9) получаем:

I вариант — $\Delta = 21,2$ см;

II вариант — $\Delta = 24,75$ см.

Проверяем расчетные величины по вышеприведенным рекомендациям:

$$\text{I вариант — } \frac{\Delta}{d_{\text{сл}}} = \frac{21,2}{42} = 0,505;$$

$$\text{II вариант — } \frac{\Delta}{d_{\text{сл}}} = \frac{24,75}{48} = 0,516.$$

Полученные результаты строго вписываются в рекомендации.

4. Расчеты классификации песков

Для расчетов классификации и обогащения песков в гидроциклоне с целью увеличения модуля крупности (M_k) были проанализированы результаты испытания гидроциклона диаметром 1400 мм, проведенные в институте «Механобр».

Испытания проводились при подаче гидросмеси с содержанием твердого в питании 10—13 %. Производительность по гидросмеси составляла 1646 м³/ч при давлении 1,5 кг/см². Основные параметры испытываемого гидроциклона следующие:

$D = 1400$ мм — диаметр гидроциклона;

$d_{\text{сл}} = 400$ мм — диаметр сливного патрубка;

$b \cdot h = 160 \cdot 450$ мм — размеры питающего патрубка;

$d_s = d_n = 1,13\sqrt{160 \cdot 450} = 300 \text{ мм} = 30 \text{ см}$;

$\Delta = 150; 250$ и 350 мм — диаметры сменных песковых насадок.

Интерпретируя представленные результаты испытаний (табл. П.2) и пользуясь рекомендациями «Норм», произведены расчеты обогащения песка по варианту I в гидроциклоне $D = 1,4$ м с подачей $Q = 1800 \text{ м}^3/\text{ч}$ при давлении на входе $H = 1,5 \text{ кг/см}^2$ для трех диаметров песковой насадки:

$\Delta = 250$ мм (табл. П.3);

$\Delta = 200$ мм (табл. П.4);

$\Delta = 150$ мм (табл. П.5).

На рис. П.11 представлены кривые рассева песков:

кривая 1 — природный песок с $M_k = 1,21$;

кривая 2 — обогащенный песок по результатам табл. 7.3 с $M_k = 1,56$ и величиной граничного зерна $d_{\text{гр}} = 0,3$ мм;

кривая 3 — обогащенный (см. табл. П.4), $M_k = 1,75$; $d_{\text{гр}} = 0,38$ мм;

кривая 4 — обогащенный (см. табл. П.5), $M_k = 2,1$; $d_{\text{гр}} = 0,42$ мм.

Все расчеты выполнены в относительных единицах и могут интерпретироваться и для варианта II.

Таблица П.2

Результаты испытаний

Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	Содержание твердого, %	Выход продукта, %	Содержания класса крупности, мм					
			+0,2	0,2—0,16	0,16—0,1	0,1—0,074	0,074—0,044	—0,044
1646	Питание 12,7	100,0	16,0	8,0	13,2	13,0	13,0	36,8
	Пески 45,3	69,8	25,5	11,0	18,5	18,2	16,3	13,5
	Слив 4,8	30,2	1,2	0,8	0,8	1,0	5,7	90,5

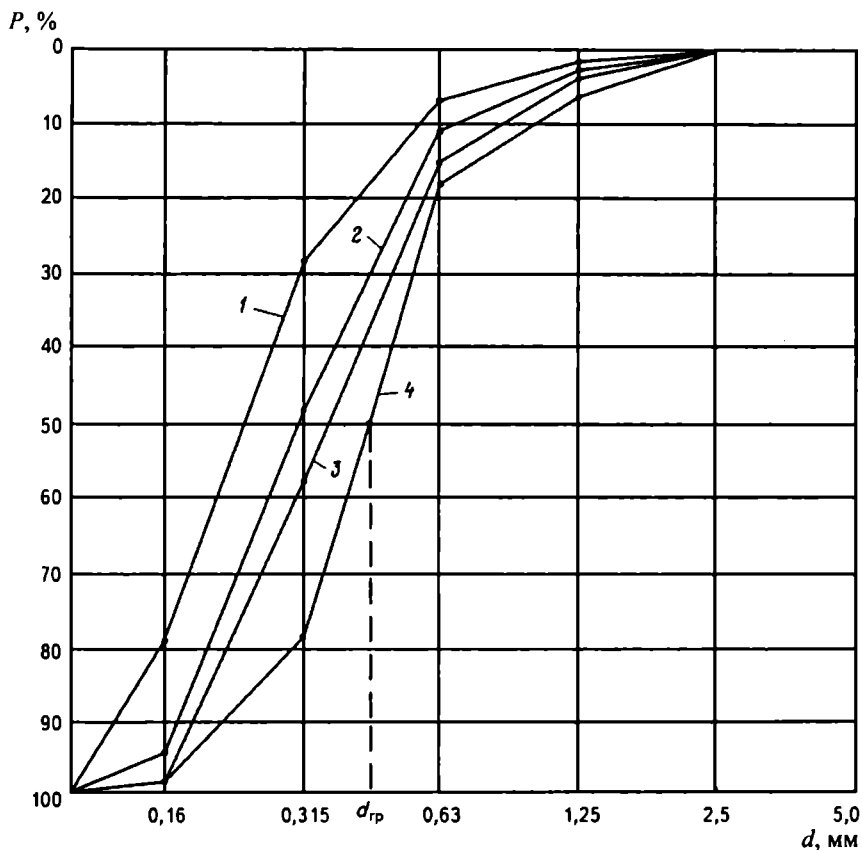


Рис. П.11. Кривые рассева с различными расчетными модулями крупности

Полученные расчетные данные, безусловно, требуют некоторых корректировок и округления результатов с учетом следующих допущений (табл. П.6):

- ◆ нестабильность подачи питания в гидроциклоне как по общей подаче Q_n , так и по производительностью по грунту;
- ◆ изменение грансостава природного песка, как по отдельным участкам, так и в пределах разрабатываемого участка.

Представленный выше расчет и выводы, сделанные по их результатам, относятся к I (базовому) варианту при $Q_r = 1800 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $D = 1400 \text{ мм}$. Расчеты произведены в относительных выходах

Расчетные значения процесса обогащения с диаметром песковой насадки 250 мм

Продукты	Извлечение	Остатки, %	Размеры отверстий сит, мм						Σ остатков на сите
			2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	>0,16	
Питание		Частные	0,3	1,1	4,8	25,5	49,5	18,8	100,0
		Полные	0,3	1,4	6,2	31,7	81,2	—	120,8
Песок	%		100,0	99,5	96,0	85,0	54,0	17,5	—
		По массе, %	0,3	1,09	4,61	21,67	26,73	3,29	57,7
		Частные	0,52	1,89	7,99	37,6	46,3	5,3	100,0
Слив		Полные	0,52	2,41	10,4	48,0	94,3	—	156
	По массе, %		0	0,01	0,19	3,83	22,77	15,5	42,3
		Частные	0	0,02	0,45	9,06	53,83	36,64	100
		Полные	0	0,02	0,47	9,53	63,36	—	73,4

Примечания.

Выход обогащенного песка 57,7 %.

Модуль крупности обогащенного песка 1,56.

Группа обогащенного песка – «песок мелкий» ($M_k = 1,5 \div 2$). Укладывается в нижнюю границу крупности (см. рис. П.7).

При намыве слива в карту со сбросом в хвосты фракций $> 0,16$ мм получается песок, относящийся к группе «тонкий» с модулем крупности $M_k = 0,73$ (предел 0,7 – 1,0).

Расчетные значения процесса обогащения с диаметром песковой насадки 200 мм

Продукты	Извлечение	Остатки, %	Размеры отверстий сит, мм					Σ остатков на сите
			2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Питание		Частные	0,3	1,1	4,8	25,5	49,5	18,8
		Полные	0,3	1,4	6,2	31,7	81,2	—
Песок	%		100,0	100,0	96,0	68,5	32,5	0,5
		По массе, %	0,3	1,1	4,6	17,5	16,1	0,9
		Частные	0,74	2,72	11,36	43,21	39,75	2,22
Слив		Полные	0,74	3,46	14,82	58,03	97,78	—
			0	0	0,2	8,0	33,4	17,9
		Частные	0	0	0,34	13,46	56,12	30,08
		Полные	0	0	0,34	13,8	69,92	—

Примечания.

Выход обогащенного песка 40,5 %.

Модуль крупности обогащенного песка 1,75.

Группа обогащенного песка – «песок мелкий» ($M_x = 1,5 \div 2$). Укладывается в нижнюю границу крупности (см. рис. П.7).При намыве слива в карту со сбросом в хвосты фракций $> 0,16$ мм получается песок, относящийся к группе «тонкий» с модулем крупности $M_x = 0,85$ (предел 0,7 – 1,0).

Расчетные значения процесса обогащения с диаметром песковой насадки 150 мм

Продукты	Извлечение	Остатки, %	Размеры отверстий сит, мм					Σ остатков на сите
			2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Питание		Частные	0,3	1,1	4,8	25,5	49,5	18,8
		Полные	0,3	1,4	6,2	31,7	81,2	—
Песок	%		100,0	100,0	96,0	58,0	8,5	0,3
		По массе, %	0,3	1,1	4,6	14,8	4,2	0,6
		Частные	1,17	4,3	18,0	57,8	16,4	2,33
Слив		Полные	1,17	5,47	23,47	81,27	97,67	—
		По массе, %	0	0	0,2	10,7	45,3	18,2
		Частные	0	0	0,27	14,38	60,89	24,46
		Полные	0	0	0,27	14,65	75,54	—
								90,46

Примечания.

Выход обогащенного песка 25,6 %.

Модуль крупности обогащенного песка 2,1.

Группа крупности обогащенного песка — «песок средний» ($M_k = 2 \div 2,5$). По модулю крупности вышел за рекомендуемую границу крупности (кривая 2, рис П.7) и может быть использован для бетонов марки В15 и выше.

При намыве слива в карту со сбросом в хвосты фракций $> 0,16$ мм получается песок, относящийся к группе «тонкий» с модулем крупности $M_k = 0,91$ (предел 0,7 – 1,0). При сливе в карты части частиц фракции 0,16—0,315 мм вполне возможно получить песок с $M_k > 1,0$. В результате на карте намыва можно получить песок, относящийся к группе «мелкий». Это отличный промытый песок для штукатурных растворов.

Расчетные показатели основных параметров гидроциклонов

№ п/п	Параметры	Обозначения	Ед. измерения	Вариант	
				I	II
1	Диаметр гидроциклона	D	м	1,4	1,6
2	Диаметр сливной насадки	$d_{сл}$	см	40	45
3	Диаметр питающего патрубка	$d_n = d_s$	см	30	37
4	Размеры входного отверстия	$b \ h$	см	15 x 45	20 x 55
5	Диаметр песковых насадок	Δ	см	15; 20; 25	20; 25; 30
6	Производительность по пульпе	Q_n	м ³ /ч	1800	2200
7	Напор на входе в гидроциклон	H	кг/см ²	1,5	1,5
8	Высота цилиндрической части	l_r	см	100	120
9	Высота конической части	l_k	см	385	440
10	Высота сливного патрубка	l_c	см	75	80
11	Ориентировочная общая высота	$l_{гидр}$	м	~6	~7

продуктов разделения. Эти значения в полной мере соответствуют и для предполагаемого II варианта при $Q = 2200$ м³/ч и $D = 1600$ мм. При этом, хотя геометрические размеры основных параметров гидроциклона (d_n , $d_{сл}$, Δ) в соотношении $D_{II} : D_I$ не могут быть приняты в пропорции прямопропорциональной, их следует учитывать.

Работа гидроциклона с $D = 1,6$ м при расходе гидросмеси 2200 м³/ч приведет к увеличению диаметров как питающего патрубка и сливной насадки, так и диаметров песковых насадок в отношении 1 : (1,15 : 1,2). В результате, например, при выходе песков 25 % в соответствии с режимом табл. П.5 по варианту I

(производительность по пескам 200 м³/ч) — объем составит 50 м³/ч. По варианту II (производительность по пескам — 260 м³/ч) — объем составит 65 м³/ч. Годовую производительность нетрудно подсчитать по длительности сезона работы земснаряда.

Представляется, что при работе земснаряда для получения продуктов, обеспечивающих предприятия стройиндустрии и жилищно-коммунального хозяйства качественными строительными материалами общий расклад следует принять следующим:

- ♦ получение обогащенного песка группы «средний» ($M_k > 2,0$) должно составлять порядка 25 %;
- ♦ сброс хвостов с карты намыва принят ~ 30 % общего объема в питании (взамен ныне действующей практики 20 % при намыве штабелей).

В этом случае может рассматриваться следующий расклад (табл. П.7) обогащения песка.

Для условий Западной Сибири, где в основном залегают мелкозернистые пески, на ряде предприятий, перевод работы плавучих землесосных снарядов на режим обогащения песка будет иметь большое экономическое значение в области стройиндустрии.

Таблица П.7

Общий расклад обогащенного песка

Продукты	Выход, %	Производительность			
		м ³ /ч		м ³ /год	
		Вариант I	Вариант II	Вариант I	Вариант II
Песок «средний»	25,0	50	60	В зависимости от количества рабочих дней в году	
Песок «мелкий»	45,0	90	117		
Всего	70	140	182		
Хвосты	30,0	60	78		
Итого	100	200	260		

Приложение 2

Характеристика грунтовых насосов и землесосов

Параметры	Грунтовые насосы					
	Гр800 (10Гр-8)	ГрТ1250/ 71 312Гр-8	ГрУ1600/ 50 (12Гр-8)	Гр2000/ 63 (16ГрУТ- 8М)	ГрУ4000/ 71 (20ГрУТ- 8М)	Гр8000/ 71 (26Гр-8)
Подача воды, м ³ /ч	800	1200	1600	2000	4000	8000
Напор, м	40	71	50	63	71	71
Допустимая ваку- умметрическая высота всасыва- ния, м	6	10	7	7	8	8,5
Диаметр всасы- вающего патруб- ка, мм	250	300	400	450	500	700
			300	400		700
Диаметр напорно- го патрубка, мм	200	250	300	350	450	680
Размер проходно- го сечения, мм	115	120	140	180	230	310
КПД насоса, %	65	67	66	68	70	74
Частота вращения рабочего насоса, об/мин	725	965	725	580	485	365
Мощность элек- тродвигателя насо- са при работе на воде*, кВт	170	420	360	650	1300	2400
Масса насоса, т	2,5	5,3	4,65	8	17	28

* Для получения мощности насоса при работе на пульпе табличное значение

Таблица П8

Землесосы конструкции прошлых лет						
8НЗУ	ЗГМ-1М	ЗГМ-2М	12НЗУ	20Р-11	20Р-11МВ	
8000	1500	1900	2200	4500	3800	
28	37	53	54	60	62	
6,8	6,0	5,7	5,9	5,0	6,0	
250	300	350	350	500	500	
240				550	550	
250	300	300	350	500	500	
150	200	190	220	220	220	
60	66	65	72	71	59	
735	740	740	600	500	500	
130	320	630	500	1100	1250	
2,79	3,825	3,56	5,9	9,25	10,532	

мощности при работе на воде умножить на плотность пульпы.

**Техническая характеристика центробежных насосов типа Д
(двустороннего входа) для чистой воды (ГОСТ 10272—77)**

Типоразмеры	Подача Q , м ³ /ч	Напор H , м	Допускаемый кавитацион- ный запас (не менее), м	Частота вращения, об/мин	Мощность насоса (не более), кВт	Масса (не более), кг
Д200-95(4 НДВ)	200	95	6,5/9,5	2950	85	210
	100	23	3,5/3,5	1450	10	210
Д200-36(5 НДв)	200	36	5,5/6,0	1450	35	270
Д320-50(6 НДв)	320	50	4,5/8,0	1450	90	380
Д320-70(6 НДс)	320	70	6/10	2950	90	260
Д500-65(10 НДв)	500	65	4,5/8,0	1450	140	620
Д630-90(8 НДв)	630	90	6,5/13,0	1450	270	730
	500	36	5,0/7,5	980	100	730
Д800-57(12 Д-9)	800	57	4,0/7,0	1450	160	1160
Д1250-65(12 НДс)	1250	65	6,0/9,0	1450	320	1160
	800	28	4,5/7,0	980	100	1160
Д1250-125(14 Д-6)	1250	125	5/11,5	1450	620	1790
Д1600-90(14 НДс)	1600	90	7,0/13,0	1450	500	1520
	1000	40	4,0/9,0	980	150	1520
Д2000-21(16 НДв)	2000	21	5,0/8,0	980	150	1630
	1250	14	3,0/5,0	730	100	1630
Д200-100(20 Д-6)	2000	100	6,5/7,0	980	760	2480
Д2500-62(18 НДс)	2500	32	7,5/11	980	500	2870
	2000	34	5,5/8,5	730	250	2870
Д3200-33(20 НДв)	3200	33	7,0/9,0	980	400	2940
	2500	17	5,0/7,5	730	200	2940
Д3200-75(20 НДс)	3200	75	7,5/12,0	980	800	4150
	2500	45	5,5/10,0	730	350	4150
Д400-96(22 НДс)	4000	95	7,0/12,0	980	1350	4960
	3200	55	5,5/9,0	730	600	4960

**Техническая характеристика одноковшовых
фронтальных погрузчиков**

Параметры	Гусеничные		Колесные			
	ТО-10А	ТО-24А	ТО-18А*	ТО-25	ТО-11	ТО-21-1*
Базовый трактор	ТО-130.1Г	ТО-330	Спец-шасси*	Т-150К	К-702	Опытный тягач (кл. 250 кН)
Вместимость ковша (основного), м ³	2,0	5,0	1,5	1,5	2	7,5
Грузоподъемность, т	4	10	3	3	4	15
Высота разгрузки, мм	3200	3900	2700	2760	3200	4500
Вылет кромки ковша при разгрузке, мм	1100	1600	1046	1100	1225	1700
Ширина ковша, мм	2900	3724	2440	2500	2800	4400
Скорость движения, км/ч, не более	12,2	13,4	44	37	40	25
Габаритные размеры, мм:						
длина	7500	8650	7200	7000	5330	13600
ширина	2900	3720	2440	2580	2800	4180
высота	3087	3510	3045	3355	3535	5010
Масса эксплуатационная, т	21,5	53,0	10,6	10,0	19,9	73,2
* Мощность двигателя спецшасси 100 кВт; опытного тягача — 405 кВт.						

Техническая характеристика скреперов

Параметры	Прицепной			Полуприцепной		Самоходный			
	ДЗ-77	ДЗ-149,5	ДЗ-79	ДЗ-87-1	ДЗ-74	ДЗ-11П	ДЗ-13Б	ДЗ-155	ДЗ-107-1
Базовый трактор (тягач)	Т-130, МГ-2	К-701	Т-330	Т-150К	К-702	МоАЗ-546П	БелАЗ-7422	БелАЗ-531Б	Опыт-ный тягач
Мощность двигателя, кВт	118	125	243	121,5	150	159	265	2×265	2×405
Грузоподъемность, т	16	18,5	27	9,0	16	15	27	27	50,4
Вместимость ковша, м³	9	9	15	4,5	8	8	15	20	25
Ширина / глубина резания, м	2,65/0,2	2,83/0,15	3,01/0,3	2,4/0,15	2,7/0,2	2,72/0,3	3,12/0,2	3,42/0,24	3,82/0,4
База скрепера, мм	6300	6350	8000	6330	6600*	6900	8300	8400	10800
Колея колес, мм:									
передних	1600	1600	2200	1435	2115**	2330	2490	2530	2825
задних	2200	2250	2400	2870	2050	2150	2360	2560	2825

Дорожный просвет, мм	510	500	560	400	500	450	600	500	850
Скорость, км/ч, не более	10,5	33	16,4	10,5	33	40	45	50	50
Габариты, мм:									
длина	9915	9350	11 600	12 730	13 700	11 010	12 800	13 000	16 410
ширина	3150	3150	3560	2925	3178	3242	3600	3810	4450
высота	2600	2800	3600	2840	3580	3250	3800	3950	4400
Масса скрепера (сухая), т	10	9,8	18,6	4,4	9,5	10	17	21	30
Масса агрегата (с трактором) эксплуатационная, т	25,2	23,3	53,3	23,0	24	20	37	40	66
Изготовитель***	2	2	1	1	3	3	1; 4	1; 4	5

* Между осями задних мостов трактора и скрепера.

** Колея заднего моста скрепера.

*** 1 — завод дорожных машин (Брянск); 2 — АО «Уралтрак» (Челябинск); 3 — МПА «Амкор» (Могилев);

4 — завод самоходных дорожных машин (г. Балаково); 5 — НПО «ВНИИСтройдормаш» (Москва).

Техническая характеристика промышленных гусеничных тракторов

Параметры	Т-4АП2	Т-130.1, Г-1	Т-180Г	ДЭТ-250М	Т-330	Т-500	Т-800
Тяговый класс, кН	40	60 (100)	90 (150)	(250)	(250)	(350)	(750)
Продольная база, мм	2522	2478	2314	3218	3560	3480	4706
Колея, мм	1384	1880	2040	2450	2350	2450	2850
Дорожный просвет, мм	340	407	550	500	418	560	650
Давление на почву, МПа	0,04	0,05	0,05	0,07	0,056	0,049	0,1
Мощность двигателя, кВт	100	121	132	147	243	368	660
Частота вращения коленвала, с ⁻¹	28,3	20,8	18,3	16,5	25	20,8	20
Ширина гусеницы, мм	420	500	600	590	690	750	850
Скорость переднего хода, м/с, не более	2,59	3,39	3,33	5,3	5,14	5,14	12,5
Скорость заднего хода, м/с, не более	1,69	2,75	2,05	5,3	4,33	4,33	15
Усилие на крюке, кН, не более	131	98	131	295	350	Н. д.	Н. д.

Габариты, мм:										
длина	4345	4393	5420	6620	5575	5620	7640			
ширина	1952	2475	2700	3220	2950	3100	3500			
высота	2562	3085	2850	3215	3130	4170	4690			
Масса рабочая, т	9	15	20	31	50	59	90			
Изготовитель*	2	1	2	3	3	3	3			
* Заводы: 1 — Брянский тракторный; 2 — АО «Уралтрак» (Челябинск); 3 — АО «Промтрактор» (Чебоксары).										

Таблица П113

Одноковшовые строительные экскаваторы

Показатели	Экскаваторы-драглайны			
	ЭО-1001Е, ЭО-5111ЕХЛ	ЭО-5111Б	ЭО-6112Б (Э-1252Б)	ЭО-7111 (Э-2503)
Вместимость ковша, м ³	1,0	1,0	1,25	2,5; 3,0
Длина стрелы, м	12,5	15,0	12,5	17,5
Угол наклона стрелы, градусы	30; 45	30; 45	30; 45	30; 45
				1,25; 1,5 25,0 30; 45

Показатели	Экскаваторы-драглайны				
	ЭО-100ПЕ, ЭО-511ПЕХЛ	ЭО-511ПБ	ЭО-6112Б (Э-1252Б)	ЭО-7111 (Э-2503)	Э-2505 БХЛ-2
Максимальный радиус черпания, м	13,5; 12	16; 14	14,3; 12,9	19,3; 17,5	27,4; 24,3
Максимальная глубина черпания, м	$\frac{5,5}{9,4} ; \frac{4,4}{7,4}$	$\frac{7,8}{10} ; \frac{5,7}{7,4}$	$\frac{6,0}{9,5} ; \frac{5,1}{7,5}$	$\frac{9,3}{13} ; \frac{6,5}{10,2}$	$\frac{14,0}{20,5} ; \frac{12,5}{16,6}$
Максимальная высота разгрузки, м	4,1; 6,6	5,3; 8,4	4,0; 6,5	6,9; 10,5	10,3; 15,9
Максимальный радиус разгрузки, м	10,2	12,0	10,4	14,0	19,3
Масса экскаватора, т	33,7	33,7	39,5	87	87
Продолжительность цикла (при угле поворота 135°), с	23	23	24	32	32
Установленная мощность двигателей, кВт	80	103	110	160	220
Примечание. В числителе приведены данные при боковом проходе, в знаменателе — при концевом.					

Одноковшовые строительные экскаваторы

Показатели	Экскаваторы (механические лопаты)					Э-2505 БХЛ-2
	Э-6525Б, ЭО-4111В, ЭО-4112	ЭО-1001Е, ЭО-511ЕХЛ	ЭО-5111Б	ЭО-6112Б (Э-1252Б)	ЭО-7111 (Э-2503)	
Вместимость ковша, м ³	0,65; 0,8	1,0	1,0; 1,2	1,25	2,5; 3,2	2,5; 3,2
Длина стрелы, м	4,7	5,0	4,8	6,3	7,2	6,9
Угол наклона стрелы, градус	7,2	8,3	7,4	8,9	10,8	9,7
Максимальный радиус, м:						
черпания	7,8	9,2	8,4	9,9	12	11,0
разгрузки	25,5	33,5	33,5	39,5	94	94
Максимальная глубина черпания, м	7,9	6,5	8,2	7,8	9,0	10,0
Максимальная высота разгрузки, м	5,6	5,0	6,1	5,1	6,4	7,0
Масса экскаватора, т	55—60	80	103	110	160	220
Продолжительность цикла (при угле поворота 135°), с	18	17	17	21	22	23

*Техническая характеристика бульдозеров
с неповоротным отвалом на пневмоколесном ходу*

Параметры	ДЗ-48	ДЗ-113*
Тяговый класс трактора, кН	60 (100)	250
Базовый трактор	К-702	Опытный тягач
Параметры отвала, мм:		
длина/высота с козырьком	3640/1200	4980/1750
подъем/заглубление отвала	1060/550	1000/600
Габариты с базовым трактором, мм:		
длина × ширина × высота	7500 × 3640 × 3530	11 000 × 4980 × 4680
Масса, т:		
общая с трактором	18,16**	59,25
бульдозерного оборудования	3,15	8,1
Изготовитель***	1	2

* Размеры и масса с рыхлительным оборудованием.

** В том числе балласт 2,7 т.

*** 1 — АО «Уралтрак» (Челябинск); 2 — НПО «ВНИИС-тройдормаш» (Москва).

Удельные расходы воды, напоры и уклоны площадок уступа по нормативам

Группа грунтов	Грунты	Высота забоя, м									
		от 3 до 5				от 5,1 до 15				более 15	
		удельный расход воды, $\text{м}^3/\text{м}^2$	напор H		удельный расход воды, $\text{м}^3/\text{м}^2$	напор H		удельный расход воды, $\text{м}^3/\text{м}^2$	напор H		наименьший допустимый уклон, %
			м вод. ст.	$H \cdot 10^{-4}, \text{Н/м}^2$		м вод. ст.	$H \cdot 10^{-4}, \text{Н/м}^2$		м вод. ст.	$H \cdot 10^{-4}, \text{Н/м}^2$	
I	Грунты, предварительно разрыхленные, неслежащие	5	30	29,4	2,5	40	39,2	4,5	50	49,0	4,5
II	Пески мелкозернистые	6	30	29,4	2,5	40	39,2	5,4	50	49,0	4,5
	Пески пылеватые		30	29,4	2,5	40	39,2		50	49,0	4,5
	Супеси легкие		30	29,4	1,5	40	39,2		50	49,0	3
	Лёсс рыхлый		40	39,2	2	50	49,0		60	58,9	4
	Торф разложившийся		40	39,2	—	50	49,0		60	58,9	—
III	Пески среднезернистые	7	30	29,4	3	40	39,2	6,3	50	49,0	5
	Пески разноезернистые		30	29,4	3	40	39,2		50	49,0	5

Группа грунтов	Группы	Высота забоя, м											
		от 3 до 5				от 5,1 до 15				более 15			
		удельный расход воды, м³/м³	напор H		наименьший допустимый уклон, %	удельный расход воды, м³/м³	напор H		наименьший допустимый уклон, %	удельный расход воды, м³/м³	напор H		наименьший допустимый уклон, %
			м вод. ст.	$H \cdot 10^{-4}$, Н/м²			м вод. ст.	$H \cdot 10^{-4}$, Н/м²			м вод. ст.	$H \cdot 10^{-4}$, Н/м²	
IV	Супеси тяжелые		40	39,2	1,5		50	49,0	2,5		60	58,9	3
	Суглинки легкие		60	58,9	1,5		60	58,9	2,2		70	68,6	3
	Лёсс плотный		50	49,0	2		70	68,6	3		80	78,5	4
	Пески крупнозернистые	9	30	29,4	4	8,1	40	39,2	5	7	50	49,0	6
V	Супеси тяжелые		50	49,0	1,5		60	58,9	2,5		70	68,6	3
	Суглинки средние и тяжелые		70	68,6	1,5		80	78,3	2,5		90	88,0	3
	Глины текучие тощие		70	68,6	1,5		80	78,3	2,5		90	88,0	3
	Песчано-гравийные грунты	12	40	39,2	5	10,8	50	49,0	6	9	60	58,9	7
VI	Глины полужирные		80		2		100	98,0	3		120	118,0	4
	Песчано-гравийные грунты	14	50	49,0	5	12,8	60	58,9	6	10	70	68,6	7
	Глины полужирные		100	98,0	2,5		120	118,0	3,5		140	137,0	4,5

Расход воды через насадки гидромонитора при различных напорах перед насадкой

Напор перед насадкой, м	Скорость движения струи при выходе из насадки, м/с	Диаметр насадки, мм									
		50	62,5	65	75	87,5	90	100	110	125	
		Пропускная способность, $\frac{м^3}{ч}$ л/с									
10	13,32	95,5/26,5	148/41	157/44	212/59	288/80	304/84,5	378/105	455/127	602/167	
20	18,80	138/37	209/58	224/62,3	294/81,5	407/113	430/119,5	537/149	644/179	840/233	
30	23,07	166/46	256/71	275/76,5	367,5/102	604/140	530/147	656/182	790/219	1027/285	
40	26,60	191/35	292/81	316/86	425/118	576/160	608/169	756/210	915/254	1188/330	
50	29,70	212/59	328/91	354/98,2	475/132	648/180	677/188	846/235	1046/288	1315/365	
60	32,60	230/64	360/100	389/108	522/145	702/195	745/207	925/257	1115/310	1440/400	
70	35,20	248/69	389/108	418/116	558/155	760/211	805/224	1010/280	1205/335	1548/430	
80	37,60	266/74	414/115	450/125	594/166	817/227	860/239	1073/296	1286/358	1657/460	
90	39,90	284/79	439/122	475/132	630/175	868/241	911/253	1134/315	1368/380	1764/490	
100	42,10	299/83	464/129	505/140	666/185	915/254	965/268	1195/332	1440/400	1854/515	
110	44,15	313/87	486/135	525/146	702/195	958/266	1010/280	1258/349	1510/420	1940/539	
120	46,15	328/91	509/141	550/153	731/203	1000/278	1056/293	1370/364	1580/440	2027/563	
130	48,00	339/94	529/147	573/139	760/211	1044/290	1100/306	1365/379	1640/456	2110/586	
140	49,80	349/97	547/152	595/165	788/219	1080/300	1140/316	1420/394	1710/475	2188/608	
150	51,60	360/100	565/157	615/171	817/227	1116/310	1180/327	1470/408	1828/508	2267/630	

Коэффициент использования установки

Место укладки грунта	Установка		
	гидромониторно-землесосная		гидромониторная
	Способ намыва грунта		
	безэстакадный или низкоопорный	эстакадный	
Водоем или отвал без устройства обвалования	0,95	0,85	0,90
Овал с устройством обвалования или намыв сооружений под воду	0,90	0,80	0,90
Широкопрофильные части сооружений, штабели и площади	0,85	0,75	0,85
То же, узкопрофильные	0,75	0,70	—
Примечание. Для гидромониторно-землесосных установок принят напорный транспорт, для гидромониторных — самотечный.			

Раздел VI

РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МНОГОЧЕРПАКОВЫМИ ДРАГАМИ	5
1. Типы и классификация драг	7
2. Устройство многочерпаковых драг	10
3. Проверка соответствия конструктивных размеров драг параметрам россыпи	12
4. Выемка горной массы драгой	19
5. Водоснабжение дражных разработок	25
6. Отвалообразование при дражной разработке	31
7. Производительность драги	35
8. Способы вскрытия и системы разработки россыпных месторождений многочерпаковыми драгами	40
8.1. Способы вскрытия россыпей при дражной разработке	40
8.2. Система дражной разработки россыпей	51
8.3. Элементы системы разработки	56
8.4. Эксплуатационные потери и разубоживание песков при дражной разработке	66

Раздел VII

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ГОРНОЙ МАССЫ	69
1. Общие сведения обогащения гравийно-песчаных пород	71
2. Технология переработки (обогащения) гравийно-песчаных пород	72
3. Общие сведения промывки (обогащения) россыпных песков	78
4. Технология промывки песков россыпных месторождений	82

Раздел VIII

СПОСОБЫ ОСВЕЩЕНИЯ ВОДЫ	91
1. Общие сведения	93
2. Существующие способы очистки воды	97
3. Очистка воды электрофорезом	108

Раздел IX

ПРОДЛЕНИЕ СЕЗОНА ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ В СЛОЖНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	117
1. Общие сведения о гидромеханизированных работах в зимних условиях	119
2. Работа гидромониторно-землесосных комплексов в зимних условиях	120
3. Работа земснарядов в зимних условиях	128
4. Работа многочерпаковых драг в зимних условиях	130

Раздел X

ОХРАНА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ	133
1. Разработка месторождений средствами гидромеханизации	135
1.1. Общие положения	135
1.2. Охрана поверхностных вод при гидромеханизации горных работ	136
1.3. Рекультивация земель, нарушенных гидромеханизированными горными работами	138
2. Дрaжная разработка россыпных месторождений	157
2.1. Общие положения	157
2.2. Технологические мероприятия по охране вод рек от загрязнения при дрaжных работах	158
2.3. Рекультивация земель, нарушенных при разработке россыпных месторождений	162
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	166
ПРИЛОЖЕНИЯ	172

**Иван Михайлович
ЯЛТАНЕЦ —**

доктор технических наук, профессор Московского государственного горного университета, академик Международной академии информатизации.

Работа И.М. Ялтанца в горной промышленности началась после службы в Советской Армии в 1958 г. на Батурином разрезе, где он вначале был разнорабочим, а затем помощником машиниста землесосной установки и электрослесарем. После окончания в 1965 г. МИРГЭМа (до этого МГИ) его по распределению направили в институт «Проектгидромеханизация».



Научная и педагогическая деятельность И.М. Ялтанца началась на кафедре «Технология, механизация и организация открытых горных работ» (ТО) под руководством профессора Г.А. Нурока и академика В.В. Ржевского. С этого времени его деятельность неразрывно связана с научными и практическими проблемами открытых горных работ и подготовкой инженерных кадров этого профиля.

В 1974—1979 гг. И.М. Ялтанец был проректором Московского горного института и одновременно преподавал на кафедре ТО. На этой работе раскрылись его способности как руководителя и организатора.

В 1980—1983 гг. работал в Афганистане в Кабульском политехническом институте, заведовал кафедрой РМПИ.

И.М. Ялтанец — председатель оргкомитетов Съездов гидромеханизаторов России (1998, 2000, 2003, 2006 гг.) и председатель редакционной коллегии по проблемам гидромеханизации при издательстве МГТУ. Автор более 130 научных работ, учебных пособий, монографий и учебников. И.М. Ялтанец — лауреат конкурса «Золотое перо горняка» 2000 г., имеет звание «Почетный горняк» и награжден нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации». Имеет три правительственных награды.

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Иван Михайлович Ялтанец

ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННЫЕ И ПОДВОДНЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ

Книга 2

ДРАЖНАЯ РАЗРАБОТКА
РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Режим выпуска «стандартный»

Редактор текста *Е.А. Евтеева*
Компьютерная верстка и подготовка
оригинал-макета *Н.В. Гончарова*
Дизайн серии *Е.Б. Капралова*
Зав. производством *Н.Д. Урбушкина*

Диапозитивы изготовлены в Издательстве МГГУ

Подписано в печать 03.10.2008. Формат 60×90/16.
Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Times». Печать
офсетная. Усл. печ. л. 14,0. Тираж 500 экз. Заказ 476

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Лицензия на издательскую деятельность ЛР № 062809
Код издательства 5Х7 (03)

Оригинал-макет подготовлен в издательстве
«Горная книга»

Отпечатано в ОАО «Московская типография № 6»
115088 Москва, ул. Южнопортовая, 24

Магнелиевые штампы изготовлены в Первой
Образцовой типографии



119991 Москва, ГСП-1, Ленинский проспект, 6,
Издательство МГГУ;
тел. (495) 236-97-80; факс (495) 956-90-40;
тел./факс (495) 737-32-65