

Водоснабжение, водоотведение и очистка сточных вод

При разработке россыпей большое значение имеют водоснабжение участков горных работ, водоотведение и очистка промышленных стоков. Для выполнения этих процессов предусматривается строительство гидротехнических сооружений (ГТС) - вододерживающих и струенаправляющих плотин и дамб, разделительных и обваловочных дамб, нагорных и руслоотводных каналов.

Сечения руслоотводных каналов рассчитываются на пропуск расхода воды Q ($\text{м}^3/\text{с}$), как правило, 10 % и 5 %-ой вероятности обеспечения по формуле Шези и в соответствии СНИП 2.06.03-85:

$$Q = V \cdot W, \quad (1)$$

где $V = C (R \cdot i)^{1/2}$ - скорость течения воды в русле канала, м/с; W - площадь живого сечения канала, м; $C = 1 / n * R^{1/6}$ - коэффициент Шези; R - гидравлический радиус канала, м; $i = (h_p - h_y) / L$ - уклон дна канала; n - коэффициент шероховатости стенок канала; h_p, h_y - высотные отметки головки и устья канала; L - длина канала, м.

Поперечные сечения руслоотводных и нагорных каналов имеют трапециевидную форму. Ширина канала B по верху определяется по формуле

$$B = b + 2 m \cdot h_1, \quad (2)$$

где b - ширина канала по дну, м; m - коэффициент откоса, доли ед.; h_1 - глубина потока, м.

Трасса нагорного канала проходит так, чтобы защитить полигоны от затопления во время ливней. Расход воды нагорного канала зависит от рельефа, количества выпадающих осадков и определяется из соотношения:

$$F / Q = F_1 / Q_1, \quad (3)$$

где Q - общий расход воды, м³/с; F - общая площадь водосбора, км²; F_1 - площадь водосбора, тяготеющая к каналу, км²; Q_1 - расход воды нагорного канала, (для россыпей Забайкалья $Q_1 = 0,01 \dots 0,85$ м³/с).

Общая площадь водосбора определяется по топографическому плану, имеет широкий диапазон значений – для малых россыпей Забайкалья колеблется от 5 до 213 км².

Технологические плотины и дамбы сооружаются для подпора воды в рабочих и пионерных отстойниках и отвода русла реки. Дамбы используют также для обвалования технологических водоемов. Параметры плотин и дамб определяются в соответствии с ПБ по формуле:

$$B > C \cdot H + Z, \quad (4)$$

где B - максимальная ширина дамбы или плотины по низу, м; C - коэффициент, $C = 1,5 \dots 3,5$; H - высота дамбы или плотины, м; Z - запасная ширина дамбы или плотины по низу, $Z = 5 \dots 10$ м.

Длина фильтрационного пути под плотиной L (м) должна удовлетворять неравенству:

$$L \geq C \cdot H_1, \quad (5)$$

где $H_1 = (H - 1,5)$ - глубина верхнего бьефа, напор, м.

Основными потребителями воды являются промприборы типа ПГШ-II-50, отсадочные машины и концентрационные столы. На основе расчета количественно-качественной, водно-шламовой схемы обогащения и баланса воды, определяются показатели водопотребления и водоотведения. При

расчете водного баланса в его приходной части учитывают притоки подземных вод, атмосферные осадки и притоки за счет оттаивания льдистых песков. Расходная часть водного баланса включает заполнение порового пространства, испарение и фильтрацию из отстойника. Значение этих элементов баланса (в сумме, соответственно, до 120 м³/час и 80 м³/час) невелико в сравнении с расходом воды, необходимой для снабжения промприборов, и объемом оборотной воды – в зависимости от числа пормприборов (300...950 м³/час).

Согласно СНиП 1.02.01.-85 уровень использования водных ресурсов и технология очистки сточных вод определяются показателями и рассчитываются по формулам:

- коэффициент использования оборотной воды в общем объеме водопотребления $k_{об}$ (по проектным данным находится в пределах 88...99 %, но фактически не превышает 70 %)

$$k_{об} = Q_{об} \cdot 100 / (Q_{об} + Q_{ист} + Q_{сыр}), \% , \quad (6)$$

где $Q_{об}$ - количество воды, используемой в обороте, м³/час; $Q_{ист}$ - количество воды, забираемой из источника, м³/час; $Q_{сыр}$ - количество воды, поступающей в систему водоснабжения с сырьем, м³/час;

- коэффициент безвозвратного потребления и потерь свежей воды $k_{ном}$ (по проектам $k_{ном} = 1...29$ %)

$$k_{ном} = \frac{Q_{ист} + Q_{сыр} - Q_{сбр.вод}}{Q_{ист} + Q_{сыр} + Q_{посл} + Q_{об}} \cdot 100, \quad (7)$$

где $Q_{сбр.вод}$ - количество сточных вод, сбрасываемых в водоем, м³/час; $Q_{посл}$ - количество воды, используемой последовательно, м³/час;

- коэффициент использования свежей воды $k_{исп.св}$ (по проектам $k_{исп.св} = 0,57 \dots 1,0$):

$$k_{исп.св} = (Q_{ист} + Q_{сыр} - Q_{сбр.вод}) / (Q_{ист} + Q_{сыр}) \leq 1; \quad (8)$$

- коэффициент водоотведения $k_в$, колеблется от 2 до 75 %

$$k_в = Q_{сбр.вод} \cdot 100 / (Q_{ист} + Q_{сыр} + Q_n^c), \quad (9)$$

где Q_n^c - количество сточных вод, получаемых от других потребителей для повторного использования в качестве свежей воды, м³/час;

- коэффициент использования воды $k_{исп.св}$, по проектам имеет высокие значения от 0,97 до 1,0

$$k_{исп.св} = \frac{Q_{ист} + Q_{сыр} + Q_{посл} + Q_{об} - Q_{сбр.вод}}{Q_{ист} + Q_{сыр} + Q_{посл} + Q_{об} - Q_{пр}}, \quad (10)$$

$$Q_{пр} = Q_{сбр.вод} \cdot \sum_{i=1}^n C_i / ПДК, \quad (11)$$

где C_i - концентрация i -ого загрязняющего вещества, мг/л; $ПДК$ - предельно-допустимая концентрация i -ого загрязняющего вещества, мг/л;

- коэффициенты очистки $k_{оч}$ и нормативной нагрузки $k_{нн}$

$$k_{оч} + k_{нн} = (P_y / P_з) + (P_n / P_з) = 1, \quad (12)$$

где P_y - количество загрязнений, которое должно быть удалено из сточных вод,

$$P_y = P_з - P_n, \quad (13)$$

здесь P_3 - количество загрязняющих веществ в сточных водах, P_n - количество загрязнений, допускаемое к сбросу в водоем.

При промывке песков для уменьшения сбросов загрязненной воды обязательно предусматривается обратное водоснабжение. Наиболее распространена схема полного обратного водоснабжения (1).

При обратном водоснабжении вместимость очистных сооружений $W_{оч}$ по проектам колеблется от 21 до 106 тыс.м³, рассчитывается по формуле:

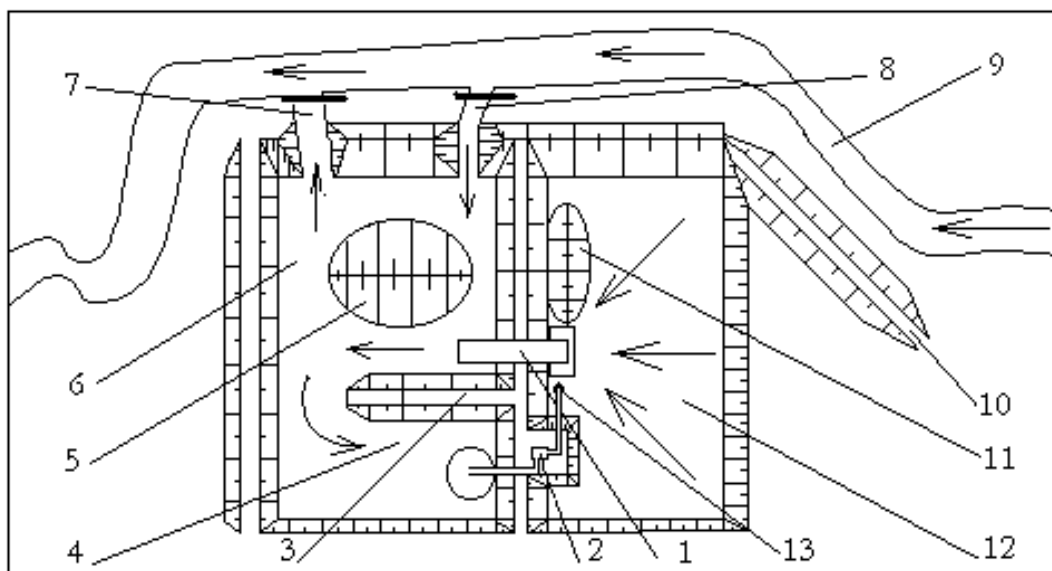


Рис.1. Схема полного обратного водоснабжения при гидромеханизированной разработке россыпей

1 - промприбор; 2 - насосная станция; 3 - эфелеотбойная дамба; 4 - илоотстойник; 5 - эфельный отвал; 6 - рабочий отстойник; 7 - аварийный водослив; 8 - водозаводная канава; 9 - руслоотводной канал; 10 - руслоотводная плотина; 11 - галечный отвал; 12 - промышленный участок золотоносных песков; 13 - гидромонитор

$$W_{оч} = W_{ил} + W_{от} \quad (14)$$

где $W_{ил}$ - вместимость илоотстойника, м³; $W_{от}$ - вместимость отстойника для технологических целей, м³.

При увеличении расхода воды из отстойника горизонтальная скорость потока V (м/с) возрастает, рассчитывается по формуле:

$$V = Q_{см} / (W \cdot k), \quad (15)$$

где $Q_{см}$ - расход стока, м³/с; W - площадь поперечного сечения отстойника, м²; $k = 0,6$ - эмпирический коэффициент.

Гидравлическая крупность частиц W_{min} (мм), выносимых за створ дамбы, определяется по формуле:

$$W_{min} = 1,18 \cdot V \cdot h \cdot 10^{-3} / l_{max}, \quad (16)$$

где h - глубина осаждения частиц, м; l_{max} - длина пути осаждения, м.

Диаметр выносимых потоком частиц d_x (мм) рассчитывается по формуле:

$$d_x = \sqrt[3]{W_{min} / [424 \cdot (\gamma - 1)]}, \quad (17)$$

где γ - удельный вес взвешенных частиц, т/м³.

Время движения частиц T (час) составляет:

$$T = 3600 \cdot l_{max} / V. \quad (18)$$

Процентное содержание P_x частиц данной крупности d_x от процентного содержания частиц класса (- 0,005 мм) составляет:

$$P_x = d_x \cdot P_{0,005} / 0,005, \quad \%, \quad (19)$$

где $P_{0,005}$ - процентное содержание частиц крупности (- 0,005 мм).

Количество поступающей в створ дамбы взвеси C ($\text{м}^3/\text{час}$) определяется по формуле:

$$C = A \cdot P_x / 100, \quad (20)$$

где A - производительность промприбора по пескам, $\text{м}^3/\text{час}$.

Содержание мелкодисперсных частиц в сточных водах за створом дамбы составляет ($\text{г}/\text{л}$):

$$M = 3,6 \cdot C \cdot \gamma / Q_{\text{см}}. \quad (21)$$

Количество взвеси, поступающей на очистку в отстойник, составляет ($\text{м}^3/\text{час}$):

$$C' = A \cdot P_{0,005} / 100. \quad (22)$$

Содержание мелкодисперсных частиц в сточных водах, поступающих в отстойник, составляет ($\text{г}/\text{л}$):

$$M' = 3,6 \cdot C' \cdot \gamma / Q_{\text{см}}. \quad (23)$$

Осветление технологической воды осуществляется за счет естественного гравитационного осаждения взвешенных веществ в отстойниках. Степень осветления воды при естественном отстаивании сточных вод определяется из выражения (%):

$$E = (M' - M) \cdot 100 / M. \quad (24)$$

В рабочих проектах степень осветления находится в довольно широком диапазоне - от 20 до 100 %, фактически степень осветления обычно не превышает 70 %. Для повышения эффективности и ускорения процесса очистки сточных и оборотных вод используют физико-химические методы очистки с применением коагулянтов и флокулянтов. Степень осветления сточных вод при этом достигает 87 - 97 %.

По степени очистки сточных вод рабочих отстойников определяются уровни загрязнения воды ниже пионерных отстойников.

Необходимо отметить, что во всех без исключения проектах уровень оборотного водоснабжения завышен по сравнению с реальным использованием оборотной воды примерно на 15...20 %. Ошибки в основном связаны с расчетом фильтрации воды - она, как правило, занижена для начального этапа работы, так как в проектах баланс воды рассчитывается с ориентацией на высокие уровни оборотного водоснабжения и "благополучные" показатели использования свежей воды. В структуре баланса водопотребления (300...950 м³/час) технологические нужды составляют 94...98 %, другие компоненты (заполнение порового пространства, испарение, хозяйственно-бытовые нужды, фильтрация) незначительны - 0,03...4 % (табл.1).

Таблица 1

**Баланс воды на гидромеханизированной разработке россыпей
(по данным рабочих проектов на разработку месторождений)**

Название россыпи	Водопотребление, м ³ / ч					
	всего	производственные нужды	испарение	хоз-бытовые нужды	фильтрация	заполнение порового пространства
Куприха	336,41	312,95	2,120	3,6	0,14	17,60
Акулиновка	390,30	382,18	0,024	3,6	12,99	0,24
Андреевка	412,22	406,25	0,090	3,6	2,68	0,10

Далаиха	428,70	420,00	0,730	3,6	1,67	2,58
Челутай	436,96	354,00	4,839	0,0	46,62	0,27
Федотовка	445,53	422,80	0,120	3,6	16,66	2,35
Волокатуй	480,69	473,60	0,770	3,6	1,93	0,80
Синяха	512,69	503,90	0,240	3,6	3,12	5,44
Оськина	519,60	514,30	0,070	3,6	1,38	0,24
М.Боровая	525,49	512,40	9,092	0,0	3,67	0,32
Лужанки	540,34	529,55	0,121	3,6	2,22	4,85
Эрыман	549,38	533,50	1,390	3,6	0,40	4,49
Апрелково	602,59	597,00	0,260	3,6	1,47	0,26
Горохон	626,28	604,34	0,020	3,6	4,80	3,50
Кулинда	629,84	612,96	3,000	3,6	4,02	6,20
Сайбото	735,40	724,00	1,030	3,6	4,65	2,08
Чикокон	887,80	837,80	0,190	2,4	0,03	3,67
Бичектуй	964,10	910,31	1,462	0,0	42,37	9,93
min	336,41	312,95	0,020	0,0	0,03	0,10
max	964,10	910,31	9,092	3,6	46,62	17,60

Продолжение табл.8.4

Название россыпи	Покрытие потребности в воде, м ³ / ч						
	всего	оборот- ное во- доснаб- жение	приток под- земных вод	хоз- быто- вые нужды	атмос- ферные осадки	поступление воды	
						с сырьем	из ис- точни- ков
Куприха	336,41	293,1	25,200	3,6	6,02	6,40	2,10
Акулиновка	390,30	380,0	0,134	3,6	0,74	15,15	0,00
Андреевка	412,22	380,2	1,910	3,6	1,30	7,00	18,91
Далаиха	428,70	390,0	3,160	3,6	1,42	7,35	23,17
Челутай	436,96	302,3	79,788	0,0	0,00	10,67	43,20
Федотовка	445,53	400,0	0,350	3,6	0,79	7,00	33,78
Волокатуй	480,69	449,9	0,980	3,6	2,06	7,00	17,13
Синяха	512,69	452,0	10,800	3,6	0,83	7,00	41,99
Оськина	519,60	480,0	0,830	3,6	0,50	6,90	28,17
М.Боровая	525,49	499,3	10,600	0,0	0,16	11,65	3,76
Лужанки	540,34	522,0	0,160	3,6	0,23	7,00	7,35
Эрыман	549,38	533,0	0,570	3,6	0,68	6,50	5,03
Апрелково	602,59	567,1	0,380	3,6	4,57	7,00	19,88
Горохон	626,28	614,4	6,600	3,6	4,00	7,20	0,53
Кулинда	629,84	612,9	2,1	3,6	1,10	8,00	5,66
Сайбото	735,40	668,1	57,260	3,6	0,20	6,20	0,00
Чикокон	887,80	835,8	2,100	2,4	1,55	7,00	35,24

Бичектуй	964,10	910,3	21,260	0,0	0,76	31,10	0,00
min	336,41	293,1	0,134	0,0	0,00	6,20	0,00
max	964,10	910,3	79,788	3,6	6,02	31,10	43,20

Приходная часть баланса на 91...98 % обеспечивается за счет оборотной воды, другие компоненты - приток подземных вод, атмосферные осадки, привозная вода для хозяйственно-бытовых нужд и вода с сырьем (влажность песков) составляют в сумме 0,7...4 %, подпитка свежей воды - 0,08...5,4 %.

В проектах баланс воды рассчитывается для начального периода разработки, то есть для пионерных отстойников, и считается как бы неизменным за весь период разработки. Опыт разработки ряда месторождений показывает, что по мере продвижения горных работ по восстанию россыпи происходит существенное изменение компонентов баланса воды, увеличивается забор свежей воды из источника - в верхней части месторождения ручей практически полностью вводится в технологический процесс.

В зимний период плотины и дамбы перемерзают, водопроницаемость их уменьшается (также и за счет заиливания), поэтому в последующие годы затрудняется сброс очищенных вод из системы, отстойники переполняются загрязненной водой и создается критическая ситуация, которая при отсутствии надлежащего контроля со стороны природоохранных органов и местной администрации устраняется под прикрытием ливневых дождей путем сброса "излишков".