

УДК 502.3

Иваныкина Татьяна Викторовна
Амурский государственный университет
г. Благовещенск, Россия
E-mail: tat-ivanykina@yandex.ru
Ivanykina Tatiana Viktorovna
Amur State University
Blagoveshchensk, Russia
E-mail: tat-ivanykina@yandex.ru

**КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПРИЛЕГАЮЩЕГО ВОДОТОКА
КАРЬЕРА «МАЙСКИЙ» ООО «ПАТРИОТ»**

**A SET OF MEASURES TO PROTECT AGAINST POLLUTION
OF SURFACE WATERS OF THE ADJACENT WATERCOURSE
OF THE QUARRY «MAYSKY» OF LLC «PATRIOT»**

Аннотация. Приводятся общие сведения о карьере «Майский» ООО «Патриот». Для защиты и рационального использования водных ресурсов при разработке россыпи предлагается комплекс мероприятий от загрязнения поверхностных вод прилегающего водотока, а также расчет очистных и гидротехнических сооружений.

Abstract. The article provides general information about the career of «Maysky» LLC «Patriot». For the protection and rational use of water resources in the development of placers, a set of measures against pollution of surface waters of the adjacent watercourse, as well as the calculation of treatment and hydraulic structures, is proposed.

Ключевые слова: золотодобыча, карьер, загрязнение, охрана окружающей среды, защита поверхностных вод, очистные и гидротехнические сооружения.

Key words: gold mining, quarry, pollution, environmental protection, surface water protection, sewage treatment and hydraulic structures.

На территории Амурской области активно проводится разработка россыпных золотоносных месторождений, в связи с чем особенно остро стоит проблема охраны водной среды.

ООО «Патриот» – это золотодобывающая компания, которая ведет свою деятельность на месторождении россыпного золота в долине ручья Северный в Мазановском районе Амурской области [1].

Горно-подготовительные работы начинаются с очистки полигонов от леса и кустарника, затем производится вскрыша торфов, бульдозерным способом методом сплошного выезда. В ходе подготовки полигонов возводятся дамбы отстойников. С целью осушения полигонов подготавливаются руслоотводная, нагорная и дренажные каналы. Разработка песков производится послойно по мере оттайки веерным способом, от бортов разреза к середине. Промывка песков осуществляется на промывочном приборе ПГШ-II-50, раскладка гале-

эфельных отвалов – бульдозером SHANTUI SD 22S в ходе промывки песков, по мере накопления, веерным способом.

По условиям залегания отработка россыпи возможна открытым отдельным, гидравлическим и дражным способами. Однако условия более благоприятны для открытого отдельного способа разработки. В данном случае особое воздействие карьера «Майский» ООО «Патриот» оказывает на поверхностные воды. Объектом непосредственного воздействия карьера является поверхностный водоток – ручей Северный, правый приток реки Будаки Малые. По рыбохозяйственному значению данные водотоки относятся к объектам второй категории [2].

Расположение горных выработок на всем протяжении долины приводит к нарушению природного гидрологического режима водотоков, смещению русел в отработанное пространство, их спрямлению и перегораживанию плотинами, дамбами и отвалами, понижению уровня грунтовых вод и базиса эрозии, изменению природной турбулентности, химического состава и насыщенности кислородом поверхностных вод.

Разработка россыпей, как правило, сопряжена с относительно большим расходом технологической воды, используемой для размыва пород, их дезинтеграции и извлечения ценных компонентов. В среднем на 1 м^3 песков расходуется до 22 м^3 технологической воды, промышленные стоки которой содержат трудноосаждаемые мельчайшие минеральные частицы, загрязняющие реки и водоемы, причиняющие ущерб биологической среде, флоре и фауне.

С целью защиты и рационального использования водных ресурсов при разработке россыпи можно предложить комплекс мероприятий для защиты поверхностных вод от загрязнения.

1. Использование руслоотводной и нагорной канав для отвода русла ручья Северный и мелких притоков из зоны непосредственного ведения горных работ (рис. 1).

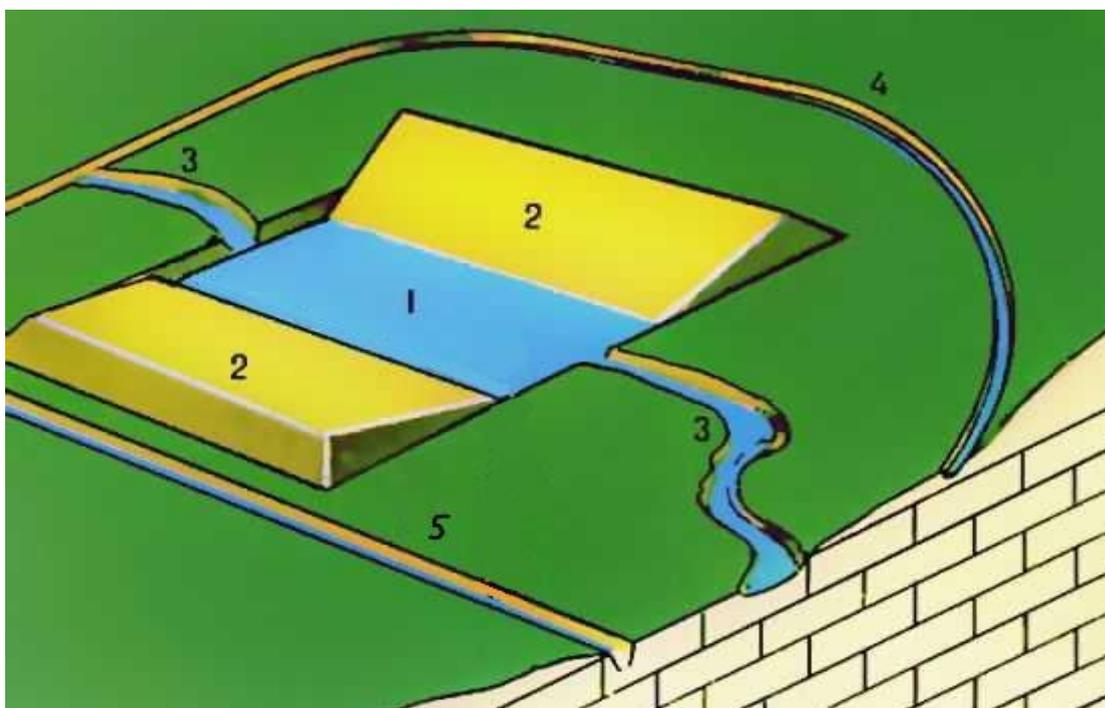


Рис. 1. Расположение канав относительно разрабатываемого участка: 1 – участок открытых работ; 2 – отвалы пород вскрыши; 3 – старое русло; 4 – руслоотводная канава; 5 – нагорная канава.

Расчет очистных и гидротехнических сооружений для карьера «Майский» рассчитывался по определенным методикам [3].

При проектировании руслоотводной канавы ее ширина и глубина принимаются соответствующими естественным параметрам русла, отводимого из зоны горных работ. Поперечное сечение канавы предусматривается трапециевидным, при этом заложение откосов принимается 1:1,5. Средние продольные уклоны дна канав определяются как разница отметок в истоке и устье канавы, деленной на ее длину. Средний уклон долины составляет 0,007. Скорость водного потока в высокие паводки достигает 1,5 м/с.

Расчет канавы трапециевидного сечения сводится к определению глубины наполнения и уклона дна канала при заданных значениях расхода воды, допускаемой размывающей скорости воды в канале, ширины канала по дну, заложения откосов и известном коэффициенте шероховатости русла. Исходные данные для расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета руслоотводной канавы

Параметр	Значение
Максимальный расход воды, $Q_{10\%}$	3,9 м ³ /с
Коэффициент шероховатости, n	0,035
Ширина канавы по дну, b	5,0 м
Заложение откосов канав, m	1,5
Уклон дна канавы, i	0,006

Проектирование канав выполняется на пропуск паводковых вод 10%-ной обеспеченности по формуле Шези, с учетом скорости потока, не размывающего для грунтов, залегающих по трассе канавы. Расход воды в канале определяется по формуле

$$Q = W \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i}, \quad (1)$$

где W – площадь живого сечения канавы для трапециевидального русла, м²; C – коэффициент Шези; R – гидравлический радиус, м; i – уклон дна канавы.

Площадь живого сечения канавы (рисунок 2) определяется по формуле

$$W = h \cdot (b + m \cdot h) \quad (2)$$

где h – глубина воды, м; b – ширина канавы по дну, м; m – коэффициент заложения откосов.

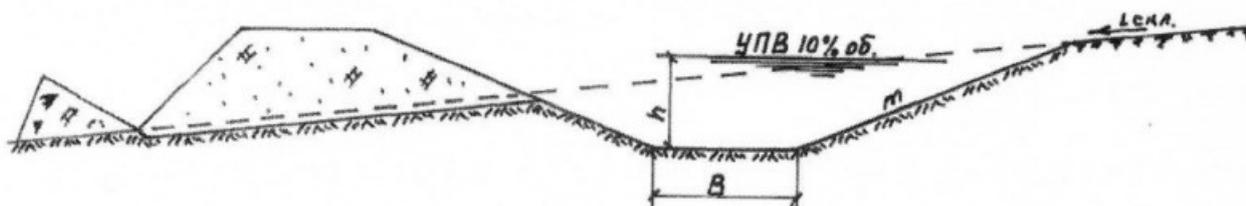


Рис. 2. Схема живого сечения канавы.

Гидравлический радиус – отношение площади живого сечения к смоченному периметру – определяется по формуле

$$R = \frac{W}{\chi}, \quad (3)$$

где χ – смоченный периметр, м.

Смоченный периметр находится по формуле

$$\chi = b + 2h \cdot \sqrt{1 + m^2}. \quad (4)$$

Коэффициент Шези определяется по формуле Н.Н. Павловского в зависимости от значений гидравлического радиуса и коэффициента шероховатости в широком русле:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y, \quad (5)$$

где y – степенной показатель, рассчитываемый по формуле

$$y = 2,5 \cdot \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R} \cdot (n - 0,1) \quad (6)$$

Расчет руслоотводной канавы выполняется по формуле Шези методом подбора глубин: 0,5 м; 1 м; 1,5 м. Основные расчетные параметры приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные расчетные параметры руслоотводной канавы

h, м	W, м ²	χ , м	R, м	y	C	Q, м ³ /с
0,5	2,88	6,8	0,42	0,369	20,72	2,99
1,0	6,50	8,6	0,76	0,380	25,74	11,31
1,5	10,88	10,4	1,05	0,387	29,20	25,24

По полученным результатам устанавливается глубина наполнения руслоотводной канавы при максимальном расходе воды, равном 3,9 м³/с, методом интерполяции на промежутке от 0,5 до 1,0 м:

$$h = 0,5 + \frac{1,0 - 0,5}{11,31 - 2,99} \cdot (3,9 - 2,99) = 0,6 \text{ м.}$$

Площадь живого сечения при найденной глубине рассчитывается по формуле (2):

$$W = 0,6 \cdot (5 + 1,5 \cdot 0,6) = 3,54 \text{ м}^2.$$

Тогда расчетная скорость воды в канаве составит

$$v = \frac{Q}{W} = \frac{3,9}{3,54} = 1,1 \text{ м/с.}$$

Скорость движения воды в канаве должна быть меньше максимально критической, при которой начинается размыв стенок канавы:

$$v < v_{\max}. \quad (7)$$

Максимально допустимая (неразмывающая) скорость потока в канаве (м/с) при $h/d < 600$ рассчитывается по формуле Б. И. Студеничникова

$$v_{\max} = 3,6 \sqrt[4]{h \cdot d}, \quad (8)$$

где h – глубина потока в канаве, м; d – средний диаметр частиц грунта, м.

Средний диаметр частиц грунта, мм, рассчитывается по формуле

$$d = \frac{\sum P_i \cdot d_i}{100}, \quad (9)$$

где d_i – средний диаметр отдельной фракции, мм, который определяется как среднее арифметическое максимального ($d_{i \max}$) и минимального ($d_{i \min}$) диаметров частиц данной фракции:

$$d_i = \frac{d_{i \max} + d_{i \min}}{2};$$

P_i – массовая доля фракций, %.

Результаты гранулометрического анализа рыхлых отложений по данным разведки приведены в табл. 3.

Таблица 3

Таблица гранулометрического состава рыхлых отложений

Показатели	Всего	Размер материала, мм			
		-200 +150	-150 +25	-25 +12	-12
Объем, м ³	15,6	0,1	2,2	1,5	11,8
Массовая доля фракций, %	100	0,7	14,0	9,7	75,6

Для определения среднего диаметра частиц грунта производятся промежуточные вычисления. Результаты отражены в табл. 4.

Таблица 4

Промежуточные вычисления среднего диаметра частиц грунта

Фракция, мм	Средний диаметр частиц d_i , мм	Массовая доля фракций P_i , %	$P_i \cdot d_i$
150 - 200	175	0,7	122,5
25 - 150	87,5	14,0	1225
12 - 25	18,5	9,7	179,5
<12	6	75,6	453,6
Сумма			1990,6

Средний диаметр частиц грунта определяем по формуле (9):

$$d = \frac{1990,6}{100} = 19,9 \text{ мм} \approx 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м.}$$

а неразмывающую скорость – по формуле (8):

$$v_{\max} = 3,6 \sqrt[4]{0,6 \cdot 0,02} = 1,19 \text{ м/с.}$$

Допускаемая скорость на размыв для полученной необходимой глубины канавы – от 1,19 до 1,5 м/с. Полученная по расчету скорость воды в канаве меньше допустимой. Исходя из вышеприведенного, с заданными параметрами руслоотводная канава размываться не будет.

К выбранной глубине потока воды в руслоотводной канаве, в соответствии со СП 100.13330.2016 [4], необходимо добавить величину запаса, равную 0,3 м. Расчетная минимальная глубина руслоотводной канавы составляет 0,6 м, тогда глубина канавы с учетом величины запаса – 0,9 м.

Итоговые рассчитанные параметры руслоотводной канавы руч. Северный представлены в табл. 5.

Таблица 5

Проектные параметры канавы

Параметр	Единица измерения	Значение
Глубина канала	м	0,9
Ширина канала по дну	м	5,0
Заложение откоса канавы	-	1,5
Уклон канавы		0,006
Ширина канала по верху	м	5,9
Площадь сечения	м ²	3,54
Длина канавы	м	830

Нагорная канава закладывается для ограждения площади ведения горных работ от водопритоков с правого борта долины. Расчет параметров нагорной канавы аналогичен расчетам параметров руслоотводной канавы. Исходные данные для расчета представлены в табл. 6.

Таблица 6

Исходные данные для расчета нагорной канавы

Параметр	Значение
Максимальный расход воды, $Q_{10\%}$	9,7 м ³ /с
Коэффициент шероховатости, n	0,035
Ширина канавы по дну, b	5,0 м
Заложение откосов канав, m	1,5
Уклон дна канав, i	0,006

Расчет нагорной канавы выполняется по формуле Шези методом подбора глубин: 0,5 м; 1 м; 1,5 м. Основные расчетные параметры приведены в табл. 7.

Таблица 7

Основные расчетные параметры нагорной канавы

h , м	W , м ²	χ , м	R , м	y	C	Q , м ³ /с
0,5	2,88	6,8	0,42	0,369	20,72	2,99
1,0	6,50	8,6	0,76	0,380	25,74	11,31
1,5	10,88	10,4	1,05	0,387	29,20	25,24

По полученным результатам определим глубину наполнения руслоотводной канавы при максимальном расходе воды, равном 9,7 м³/с, методом интерполяции на промежутке от 0,5 до 1,0 м:

$$h = 0,5 + \frac{1,0 - 0,5}{11,31 - 2,99} \cdot (9,7 - 2,99) = 0,92 \text{ м} \approx 0,1 \text{ м}.$$

Площадь живого сечения при найденной глубине рассчитывается по формуле (2)

$$W = 1,0 \cdot (5 + 1,5 \cdot 1,0) = 6,5 \text{ м}^2.$$

Тогда расчетная скорость воды в канаве составит

$$v = \frac{Q}{W} = \frac{9,7}{6,5} = 1,49 \text{ м/с}.$$

Скорость движения воды в канаве должна быть меньше максимально критической, при которой начинается размыв стенок канавы. Определяем неразмывающую скорость (8):

$$v_{\max} = 3,6 \sqrt[4]{1 \cdot 0,02} = 1,5 \text{ м/с}.$$

Допускаемая скорость на размыв для полученной глубины канавы равна 1,5 м/с. Полученная по расчету скорость воды в канаве меньше допустимой. Исходя из вышеприведенного, нагорная канава с заданными параметрами размываться не будет.

К выбранной глубине потока воды в руслоотводной канаве, в соответствии с СП 100.13330.2016 [4], необходимо добавить величину запаса, равную 0,3 м. Тогда расчетная минимальная глубина нагорной канавы составит 1,3 м.

Итоговые рассчитанные параметры нагорной канавы ручья Северный представлены в табл. 8.

Таблица 8

Проектные параметры нагорной канавы

Параметр	Единица измерения	Значение
Глубина канавы	м	1,3
Ширина канавы по дну	м	5,0
Заложение откоса канавы	-	1,5
Уклон канавы		0,006
Ширина канавы по верху	м	7,6
Площадь сечения	м ²	6,5
Длина канавы	м	1000

2. Замкнутый цикл оборотного водоснабжения промприборов сокращает потребление свежей воды и исключает открытый сброс технологической воды в водоемы.

Системы водоснабжения при разработке россыпей разделяются на прямоточные, оборотно-прямоточные и оборотные (рис. 3) [5].

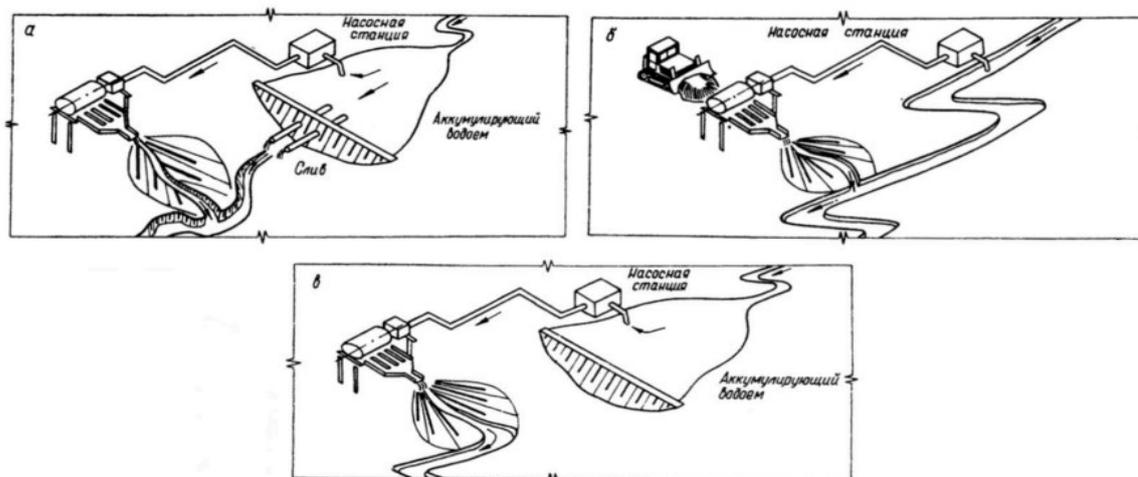


Рис. 3. Прямоточные схемы водоснабжения промышленных установок с частичным (а, б) и полным (в) использованием дебита рек.

Первые две схемы наиболее экологически опасны, так как водооборот технологической воды не замкнут или замкнут частично.

Наиболее приемлемыми с точки зрения охраны окружающей среды от загрязнения являются оборотные схемы водоснабжения. Особенность их – отсутствие сброса технологической воды и постоянной подпитки из внешних источников.

На карьере «Майский» водоснабжение организовано из проточного водоисточника, созданного за счет перегораживания русла плотиной, имеющей сбросные устройства для пропуска воды в нижний бьеф, но такая система прямоточна независимо от того, возвращаются использованные воды в технологический процесс или нет. Система водоснабжения считается оборотной только при наличии руслоотводного канала в обход непроточного водоема (отстойника) с загрязненными водами.

Имеющаяся система водоснабжения, как показал анализ проб воды, не обеспечивает соблюдения санитарных требований, поэтому необходим переход на замкнутую систему оборотного водоснабжения, которая обеспечит повторное использование технологических стоков и их локализацию от естественного водотока. Замкнутый цикл позволит значительно снизить негативное влияние на окружающую среду и сократить выплаты за воздействие на водные объекты.

3. Очистка технологических вод в фильтрационном отстойнике. Поскольку рабочий отстойник, воды которого необходимы для технологического процесса, на участке ведения работ уже предусмотрен, а санитарные нормы сточных вод не достигнуты, то существует необходимость в создании фильтрационного отстойника, где будет происходить окончательная очистка технологических вод до допустимых норм, не влияющих на состояние вод ручья Северный.

4. Предохранение водотоков от загрязнения горюче-смазочными материалами. Расчет оптимальных характеристик руслоотводной, нагорной канав и отстойного сооружения отвечает всем требованиям эффективного оборотного водоснабжения добычного и обогатительного оборудования при разработке россыпных месторождений полезных ископаемых. Рассчитанные параметры фильтрационного отстойника и дамб обеспечивают допустимое содержание взвешенных веществ в сточных водах при их фильтрации через тело дамбы.

1. Официальный сайт «Недра ДВ» – ООО «Патриот». – URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/find_nduser?obj=3206da73f2193c12e12c19d520a80bee (дата обращения 17.02.2024).

2. Постановление Правительства РФ от 28.02.2019 № 206 (ред. от 10.06.2021) «Об утверждении Положения об отнесении водного объекта или части водного объекта к водным объектам рыбохозяйственного значения и определении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения». – URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=LAW&n=387192&demo=1> (дата обращения 17.02.2024).

3. Кисляков, В.Е. Расчет отстойников оборотного водоснабжения при разработке россыпей – Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1988. – 176 с.

4. СП 100.13330.2016 Свод правил. Мелиоративные системы и сооружения (ред. от 01.02.2019). – URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=STR&n=23891&dst=1000000001&demo=1> (дата обращения 17.02.2024).

5. Субботин, Ю.В., Якимов, А.А. Совершенствование технологии очистки карьерных вод на объектах россыпной золотодобычи // Сб-к статей «Кулагинские чтения» – XVII Международная научно-техн. конф: – Ч.1. – Чита: ЗабГУ, 2017. – С. 186-194.