

УДК 504

В.И. Конов, Е.А. Ельчанинов

**СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДОВ ВОДЫ
И КОНЦЕНТРАЦИЙ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ
В РУСЛООТВОДНОМ КАНАЛЕ ПРИ ОТРАБОТКЕ
РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА**

*На основании выполненных исследований разработан метод регулирования расходов воды и концентраций взвешенных веществ в руслоотводном канале при отработке россыпных месторождений золота в условиях Восточного Забайкалья.
Ключевые слова: руслоотводный канал, россыпные месторождения золота.*

Разработка россыпных месторождений золота, строительство дорог, предприятий, сооружений железнодорожного транспорта всегда сопряжено с преобразованием ландшафта и изменением окружающей среды. Задача заключается в том, чтобы найти и реализовать такие технические и организационно-технологические решения при добыче полезных ископаемых открытым способом, строительстве объектов, которые обеспечат не только минимальные затраты природных ресурсов, но и предотвратят нарушение экологического равновесия, позволят достичь улучшения в целом экологической обстановки в регионе строительства.

При отработке россыпей, производстве различных видов работ в руслах рек (строительство дорог, мостов, гидротехническое строительство и т.д.) чаще всего приходится отводить водоток от места расположения объекта строительства. При значительных размерах канала и больших расходах воды в нем происходит интенсивный вынос взвешенных веществ в ненарушенную нижележащую часть русла реки. Это приводит к загрязнению водотока в контрольном створе реки. В качестве одного из методов исключения загрязнения водного объекта взвешенными веществами предлагается следующая методика расчета промывного режима. Расчетные положения методики основываются на широко известных трудах ученых, нормативной, методической и учебной литературе (С.Т. Алтунина, Н.А. Архипова, А.С. Астахова, С.В. Басса, Н.Н. Бортина, М.И. Будыко, А.Г. Булавко, Н.А. Воронкова, И.Ф. Горошкова, В.И. Гуткина, И.А. Железняк, В.А. Знаменского, Е.Г. Жука, Н.И. Зубрева, Н.Н. Захаровской, П.Г. Киселева, К.П. Клибашева, Н.Н. Лапшева, И.И. Мазура, М.А. Михалева, А.И. Потапова, В.А. Рогалева, И.Д. Родзиллера, И.А. Шикломанова и др.).

Задача, решаемая предлагаемой методикой — исключение превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) взвешенных веществ в контрольном створе водотока, а также нормативов допустимых сбросов (НДС) при отводе речного потока по руслоотводному каналу с учетом его смешения (разбавления) в нижележащей ненарушенной части реки в меженный период года при производстве работ непосредственно в русле реки [1].

Известно изобретение, предназначенное для очистки потока от взвешенных частиц в потоке и их разделения по крупности (см. А. с. № 1618824, М кл. 5E 02B 8/02 от 07.01.91 г.). Конструкция, предложенная авторами изобретения, представляет собой серию парных перегородок, установленных в углублениях разного объема. Недостатком способа является то, что он не позволяет сохранить нормативное качество воды по взвешенным веществам в контрольном створе водотока и приводит к значительным материальным затратам.

Известен также способ для регулирования реки-водоприемника, который включает искусственное русло, сопряженное своими концами с естественным руслом водотока. Забор воды в искусственное русло осуществляется водорегулирующим сооружением. Паводки пропускаются по искусственному руслу, а расходы воды меженного периода — по естественному руслу реки (см. А. с. № 1604891, М кл. 5E 02B 3/02 от 07.11.90 г.). Недостатком этого способа является то, что сохранение меженного расхода воды не позволяет выполнять работы в русле реки. Например, строительство мостовых пролетов, быков, трубчатых переездов. Не учитывается также качество воды в контрольном створе водотока при взмучивании воды в реке. Этот способ применим для защиты территории от затопления и подтопления паводковыми водами реки без регулирования содержания взвешенных веществ в контрольном створе реки.

Предлагаемый нами способ прост в исполнении и исключает прямоточный способ водоснабжения проектируемого объекта, запрещенный к использованию «Правилами охраны поверхностных вод» и являющийся нерациональным способом использования водных ресурсов [2]. Затраты, необходимые для строительства сооружений, в предлагаемом способе будут минимальными по сравнению со способами, предусматривающими проектирование и строительство специальных сооружений для очистки воды от взвешенных частиц.

Сущность расчетов заключается в следующем. Предлагаемый способ позволяет выполнять любые виды работ в русле реки (строительство мостов, переездов, гидротехнических сооружений, добыча полезных ископаемых и др.) после отведения речного потока по руслоотводному каналу. Отведение речного потока в руслоотводной канал осуществляется поэтапно в подготовительный период. В этот период строительные работы в русле реки не ведутся. Цель поэтапного увеличения расхода воды от минимального до расчетного в руслоотводном канале – регулирование величины расходов воды и содержания взвешенных веществ в подготовительный период и выдерживание тем самым нормативных требований, предъявляемых к величинам концентраций взвешенных веществ в контрольных створах малых водотоков при отводе речного потока по руслоотводному каналу с учетом его смешения (разбавления) в нижележащей ненарушенной части реки в меженный период года.

При полном перекрытии русла реки струенаправляющей дамбой и отведении всего потока в руслоотводной канал, проложенный в неоднородных грунтах, будет происходить размыв его дна и откосов. Взвешенные наносы определенного диаметра будут выноситься потоком из канала (процесс самоотмостки) и загрязнять воды реки. Для устранения этого явления предлагается выполнять поэтапный пропуск расходов воды (от минимального до расчетного) по руслоотводному каналу с проведением контроля качества воды по взвешенным веществам в контрольном створе водотока на каждом этапе.

К первому этапу промывки руслоотводного канала приступают после выполнения расчета, в котором устанавливают пропускаемые расходы на каждом этапе. Эти расходы назначаются такими, чтобы в контрольном створе реки не произошло превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) взвешенных веществ. В канале выдерживается скорость потока превышающая незаиляющую. Регулирование расходов на водозаборном узле выполняется поднятием затвора на необходимую высоту, которая устанавливается по водомерной рейке. Для выполнения таких расчетов предлагается методика.

Первый этап выполняется в межень (маловодный) теплый период года, когда проще всего осуществляется частичное перекрытие русла реки с целью создания подпора и направления части речного потока через водозаборное сооружение в руслоотводной канал. Конструкция водозаборного сооружения назначается с учетом выполнения условий наименьших затрат на его строительство и возможности регулирования и пропуска заданных расходов воды в руслоотводной канал.

Контроль качества воды производится отбором проб воды на химические анализы в контрольном створе в начале, середине и конце каждого этапа. Концом первого этапа будет являться момент, в котором концентрация взвешенных веществ в отобранной пробе воды будет меньше установленной для них ПДК.

На каждом этапе с помощью поднятия затвора на необходимую высоту на водозаборном сооружении по руслоотводному каналу пропускается такой максимальный расход, при котором в расчетном (контрольном) створе на водотоке концентрация взвешенных веществ не превышает ПДК. На каждом последующем этапе расход воды увеличивается, изменяются гидравлические элементы потока и должно соблюдаться то же условие — не превышение ПДК взвешенных веществ в контрольном створе водотока.

На последнем этапе по каналу должен быть пропущен расчетный расход воды, который назначается в зависимости от класса сооружения и срока его службы по СНиП 2.06.01-86 «Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования». Последний этап проводится в паводок, расход которого больше на 10% расчетного. На этом этапе завершается полное перекрытие русла реки струенаправляющей дамбой. После выполнения последнего этапа приступают к производству работ в русле реки.

Порядок расчета параметров поэтапной промывки руслоотводного канала заключается в следующем.

1. Определение гидравлических элементов и параметров руслоотводного канала при пропуске по нему расчетного расхода. Расчетный расход назначается в зависимости от класса сооружения и срока его службы. Гидравлический расчет выполняется по формуле равномерного движения потока (формула Шези):

$$Q = WC\sqrt{Ri}, \quad (1)$$

где W — площадь поперечного сечения канала, м^2 ; C — коэффициент Шези, $\text{м}^{0,5}/\text{с}$; R — гидравлический радиус, м ; i — уклон дна канала;

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (2)$$

где n — коэффициент шероховатости;

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1), \quad (3)$$

$$W = (B + m_0 h)h, \quad (4)$$

где B — ширина канала по дну, м; m_0 — заложение откосов канала; h — глубина воды в канале, м;

$$\chi = B + 2h\sqrt{1 + m_0^2}, \quad (5)$$

где χ — смоченный периметр, м.

$$R = W / \chi. \quad (6)$$

2. Определение глубины воды в канале h , при которой по каналу будет проходить расчетный расход Q .

3. Определение фактической скорости воды в канале:

$$V_{\text{фак.}} = C\sqrt{Ri}. \quad (7)$$

4. Расчет допускаемых неразмывающей и незаиляющей скоростей $V_{\text{доп}}$, $V_{\text{нез}}$. Допускаемая неразмывающая донная скорость для однородных по крупности несвязных грунтов находится по формуле (Справочник по гидравлическим расчетам. Под ред. П.Г. Киселева. — М.: 1972):

$$V_{\Delta n. доп} = 1,25 \cdot \sqrt{\frac{2m}{0,44 \cdot \rho_0 \cdot n} [g \cdot (\rho_2 - \rho_0) \cdot d + 2C_{\text{ун}}^H \cdot K]}, \text{ м/с} \quad (8)$$

Допускаемая неразмывающая средняя скорость потока ($V_{\text{н. доп.}}$, м/с);

$$V_{\text{н. доп}} = \left(\lg \frac{8,8 \cdot H}{d} \right) \cdot \sqrt{\frac{2m}{0,44 \cdot \rho_0 \cdot n} [g(\rho_2 - \rho_0) \cdot d + 2C_{\text{ун}}^H \cdot K]}, \text{ м/с} \quad (9)$$

где ρ_2, ρ_0 — плотность материала частиц соответственно несвязного грунта и воды, кг/м³; d — средний диаметр частиц грунта, м; $C_{\text{ун}}^H$ — усталостная прочность на разрыв несвязного грунта, Па.

При этом должно выполняться следующее условие:

$$V_{\text{нез}} < V_{\text{фак}} < V_{\text{доп. ф.}}, \quad (10)$$

Если это условие выполняется, то производятся расчеты первого этапа промывки:

а) от общего расхода воды в реке $Q_{\text{об}}$ часть отводится в руслоотводной канал — $Q_{\text{к1}}$ и в реке остается — $Q_{\text{р1}}$. Величина $Q_{\text{к1}}$ назначается подбором таким образом, чтобы этот расход был максимальным, но при этом должно выполняться условие $m_1 \geq \rho_1$ (расчет m_1 и ρ_1 приводится далее).

Определяются гидравлические элементы и параметры поперечного сечения руслоотводного канала и реки для расходов $Q_{к1}$ и $Q_{р1}$, фактические скорости $V_{фак}$ и $V_{нез}$ для каждого расхода и сравниваются с допустимой неразмывающей скоростью $V_{доп.нер.}$;

б) определяется допустимая к сбросу концентрация взвешенных веществ в воде канала для отдельных выпусков без учета некосервативности для условий Забайкалья:

$$m_1 = p(a_1 Q_1^p / Q_1^k + 1)b, \quad (11)$$

где p — допустимое по санитарным правилам увеличение содержания взвешенных веществ в водном объекте после сброса воды в реку по каналу; b — фоновое содержание взвешенных веществ в воде реки, $г/м^3$; a_1 — коэффициент смешения,

$$\alpha_1 = \frac{1 - \ell^{-d_1 L^{1/2}}}{1 + \frac{Q_z^p}{Q_z^k} * \ell^{-d_1 L^{1/2}}}, \quad (12)$$

где d_1 — коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке; L — длина, на которую удален контрольный створ от места, где происходит слияние вод реки и руслоотводного канала, м,

$$d_1 = Z * Ku * \left(\frac{D_1}{Q_1^k} \right)^{1/3}, \quad (13)$$

где Z — коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод; Ku — коэффициент извилистости реки; D_1 — коэффициент турбулентной диффузии, $м^2/с$;

$$D_1 = gV_1 h_1 / (37n_p c_1^2), \quad (14)$$

где g — ускорение свободного падения; V_1 — фактическая скорость воды в реке при $Q_{к1}$, $м/с$; h_1 — глубина воды в реке при $Q_{к1}$, $м$; n_p — коэффициент шероховатости; C_1 — коэффициент Шези для реки при $Q_{к1}$, $м^{0.5}/с$;

в) определяется транспортирующая способность канала ρ_1 для условий пропуска расхода $Q_{к1}$:

$$\rho_1 = 700(V_1 / W_1)^{3/2} \sqrt{R_1 i_k}, \text{ при } 2 \text{ мм/с} < W_1 < 8 \text{ мм/с}; \quad (15)$$

$$\rho_1 = 350V_1 \sqrt{R_1 i_1 V_1 / W_1}, \text{ при } 0,4 \text{ мм/с} < W_1 < 2 \text{ мм/с}, \quad (16)$$

где W_1 — гидравлическая крупность частиц среднего диаметра ($мм/с$); V_1 — скорость течения воды в канале, $м/с$; R_1 — гидравлический радиус канала, $м$; i_n, i_1 — уклон дна канала;

г) сравнение допустимой к сбросу концентрации взвешенных веществ в воде канала m_1 и транспортирующей способности канала ρ_1 при заданных $Q_{к1}$ и $Q_{р1}$. Величина $Q_{к1}$ назначается таким образом, чтобы этот расход был возможно максимальным, но при этом должно выполняться условие $m_1 \geq \rho_1$.

После проведения 1 этапа промывки увеличивается расход воды в руслоотводном канале и осуществляется 2 этап с повторением расчетов, указанных ранее. Количество этапов промывки будет зависеть от количества промывных расходов воды, на которые делится расчетный расход $Q_{р}$.

В результате исследования получен следующий вывод: разработана методика поэтапной промывки руслоотводного канала такими расходами воды, при которых в расчетном створе на водотоке концентрация взвешенных веществ не превышает ПДК. Предлагаемый способ позволяет дать не только оценку качественного состояния водного объекта по содержанию взвешенных веществ в контрольном створе, но и его регулирование (управление) с учетом фактического и прогнозируемого состояния, с учетом экологического резерва (экологической емкости — возможности разбавления насыщенных взвешенными веществами вод канала речными водами). Разработанная методика может быть использована проектными организациями и государственными природоохранными органами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Методические указания по проектированию очистных сооружений и оборотных систем водопользования для предприятий железнодорожного транспорта.* / Караваев И.И., Клубков В.И., Богданов М.В., М.: ВНИИЖТ, 1994.

2. *Коннов В.И.* Экологическая оценка и мероприятия по защите от загрязнения малых рек Восточного Забайкалья / В.И. Коннов. — Чита: ЧигГУ, 2006. — 126 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Коннов Василий Иванович – декан заочного факультета, Забайкальский институт железнодорожного транспорта — филиал Иркутского государственного университета путей сообщения» (ЗабИЖТ ИрГУПС), кандидат технических наук, доцент, konnov@zab.megalink.ru,

Ельчанинов Евгений Александрович – профессор, доктор технических наук, кафедра «Инженерная защита окружающей среды»,

Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

