© В.И. Коннов, 2008

УДК 622.271:628.394

В.И. Коннов

МЕРОПРИЯТИЯ, СПОСОБЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ МАЛЫХ РЕК ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ПРИ ОТРАБОТКЕ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Сточные воды предприятий горнодобывающей промышленности являются крупномасштабным источником загрязнения водных объектов. Содержащиеся в их составе взвешенные вещества, минеральные соли и соли тяжелых металлов, нерастворимые частицы органического происхождения, нефтепродукты и другие вредные компоненты способны накапливаться в водных объектах и аккумулироваться водными организмами, вызывая необратимые процессы в природной среде. Открытые горные работы занимают значительное место в этой проблеме [1].

Задачи защиты водных объектов от загрязнения, изучение процессов смешения сточных и речных вод, прогнозы состояния водных ресурсов, в т.ч. влияние горных работ решали многие ученые, среди которых находятся Архипов Н.А., Воронков Н.А., Горошков И.Ф., Горшков В.К., Гуткин В.И., Ельчанинов Е.А., Жукова Г.А., Зубрев Н.И., Калашников А.Т., Караушев А.В., Клибашев К.П., Коваленко В.С., Козловский Е.А., Красавин А.П., Лапшев Н.Н., Ласкорин Б.Н., Меркулов В.А., Мирзаев Г.Г., Михалев М.А., Михайлов А.М., Новиков В.Н., Парахонский Э.В., Потапов А.И., Ржевский В.В., Родзиллер И.Д., Сластунов С.В., Томаков П.И., Фролов В.А., Шикломанов И.А. и др.

Основные задачи научных исследований в области охраны водных ресурсов, решаемые в горнодобывающей промышленности, следующие: разработка прогнозов и комплексных мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов с учетом региональных особенностей объектов эксплуатации; разработка и внедрение интенсивных методов и оборудования очистки и обеззараживания производственных сточных вод и комплексного их использования для технических и хозяйственно-бытовых нужд предприятий, а также орошения сельскохозяйственных угодий; создание и освоение технологий и оборудования для деминерализации шахтных и карьерных вод; разработка и внедрение средств автоматизированного контроля и управления очистными сооружениями, установками и оборудованием; совершенствование региональной системы наблюдений и контроля за состоянием водных ресурсов в районах строительства и эксплуатации объектов промышленного и гражданского назначения [2].

Количество производственных сточных вод, образующихся в процессе ведения открытых и подземных горных работ, и качественный их состав зависят от многих факторов, главными из которых являются:

горно-геологические и горнотехнические условия, тектоническое строение месторождения, глубина разработки и площадь выработанного пространства.

В зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий такие воды могут содержать специфические природные загрязнения, к которым относятся хлориды, сульфаты, соли кальция и магния, железо и микроэлементы. В целом со сточными водами горнодобывающих предприятий в водные объекты ежегодно сбрасывается до 180 тыс. т взвешенных веществ и более 4 млн. т минеральных солей и солей тяжелых металлов, что резко ухудшает санитарно-гигиеническую обстановку водных объектов. Как правило, качественно и количественно состав шахтных и карьерных вод, загрязненных взвешенными породными частицами, изменяется в довольно широком диапазоне в зависимости от условий эксплуатации предприятий, уровня механизации и автоматизации горных работ и других причин. В процессе производства шахтные и карьерные воды пополняются и разбавляются водой, используемой при пылеподавлении, ведении заиловочных работ и т.д.

Минерализованные шахтные и карьерные воды чаще всего бывают жесткими вследствие наличия в них солей кальция и магния. Высокая жесткость воды ограничивает возможности ее использования для хозяйственных целей. Минерализация не только неблагоприятно влияет на растительный и животный мир водных объектов, но и снижает их самоочищающую способность. Высокая минерализация изменяет также вкусовые свойства воды: при концентрации солей более 1000 мг/дм^3 (в том числе сульфатов – более 500 мг/дм^3, хлоридов – более 350 мг/дм^3) вода приобретает горько-соленый привкус. При длительном употреблении такой воды нарушается водно-солевое равновесие в организме. Согласно литературным данным, минерализованные воды сбрасывают 336 предприятий 27 производственных объединений только угледобывающей отрасли [2]. Еще больший вред водным объектам и организму человека наносят кислые шахтные воды, несущие с собой большое количество соединений железа, которые в концентрациях выше 0,5 мг/дм^3 придают воде своеобразный металлический привкус. Неблагоприятным фактором является способность закисных соединений железа окисляться за счет растворенного в воде кислорода. Это потребует больших количеств кислорода и образования практически нерастворимых бурых хлопьев гидроксида железа. Обеднение воды кислородом ведет к нарушению процессов биологического очищения воды, гибели рыбы и вторичному загрязнению водоемов продуктами анаэробных процессов распада органических веществ: сероводородом, метаном и другими газами. Высокая кислотность воды характерна для Кизеловского, Подмосковного и частично Донецкого (восточный район) угольных бассейнов.

В местах сброса шахтных и карьерных вод резко увеличивается бактериальная загрязненность. Коли-титр в воде водотоков-водоприемников таких вод обычно (карьерных) составляет 0,01-0,001, а в ряде случаев 0,0001 и ниже. Практика показывает [3, 4], что экологические последствия добычи и переработки угля, сланца, золота, серебра в каждом регионе различны, зависят от специфики производства и проявляются в негативных изменениях окружающей среды. Наиболее крупные из них наблюдаются при разработке угольных, сланцевых, золотосодержащих месторождений открытым и подземным спо-

собами, что связано с непосредственным нарушением геологического строения недр и природного ландшафта, а также активным влиянием горных работ на всю биосферу. Так, в Павлоградском районе Западного Донбасса в результате подработки поймы р. Самары шахтами ПО «Павлоградуголь» на протяжении 45 км произошло неравномерное проседание земной поверхности с образованием затопленных водой блюдообразных воронок глубиной 3-6,4 м. Вследствие этого из народнохозяйственного пользования выведена значительная часть (5,2 тыс. га) земельных угодий, прилегающих к районам расположения угольных шахт. Кроме того наблюдается засоление и загрязнение р. Самары и ее притоков из-за минерализации шахтных вод, возрастающей по мере отработки нижеле-жащих пластов. В результате шахтного водоотлива произошло истощение запасов вод эксплуатируемых гори-зонтов на площади 340 км^2, а фильт-рационные воды из прудов-накопи-телей, расположенных в непосредст-венной близости от шахт, ухудшили качество подземных вод, особенно в центральной части месторождения, где загрязнение распространилось на площади 7,5 км^2, а минерализация возросла до 11 г/дм^3.

Заболачивание и затопление подработанных территорий является основным видом нарушений природного ландшафта в Чурубай-Нуринском и Тентекском районах Карагандинского каменноугольного бассейна. Источником подтопления служат грунтовые воды аллювиальных отложений рек Чурубай-Нура и Сакура. Общая площадь подтопленных земель составляет около 1000 га, при этом 34,5 % территории затоплено постоянно, а 65,5 % – сезонно вследствие колебания уровня грунтовых вод. Практически вся подработанная шахтами территория в этих районах выбыла из хозяйственного использования.

Специфическими особенностями сточных вод предприятий горнодобывающей промышленности является высокодисперсный (до 80 % частиц размером менее 10 мкм) состав взвешенных веществ, что обусловливает необходимость применения различных технических средств и технологических приемов для качественной их очистки в процессе производства.

В настоящее время только в угольной промышленности действуют 568 типов очистных сооружений, предназначенных для удаления взвешенных веществ и обеззараживания шахтных вод. Большинство очистных сооружений (86 %) является сооружениями механической очистки, они работают по принципу гравитационного осаждения и представлены отстойниками и прудами-отстойниками различных типов, размеров и вместимости; остальная часть (14 %) – сооружениями физико-химической очистки. Механическая очистка на 26 % сооружений производится только в отстойниках, на 36 % – в прудах-отстойниках и на 38 % – в 2 ступени: сначала в отстойниках, а затем в прудах-отстойниках или фильтрах с песчаной загрузкой. Однако фильтрованию подвергается, как правило, небольшая часть общего объема шахтных вод, которая предназначена для использования на технические нужды угольных предприятий. Фильтрование всего объема сточных вод производится лишь на отдельных предприятиях. Химические реагенты для интенсификации процессов очистки используются примерно на 14 % очистных сооружений. К числу основных реагентов относятся сернокислый алюминий и полиакриламид, в отдельных случаях применяется хлорное железо и известь.

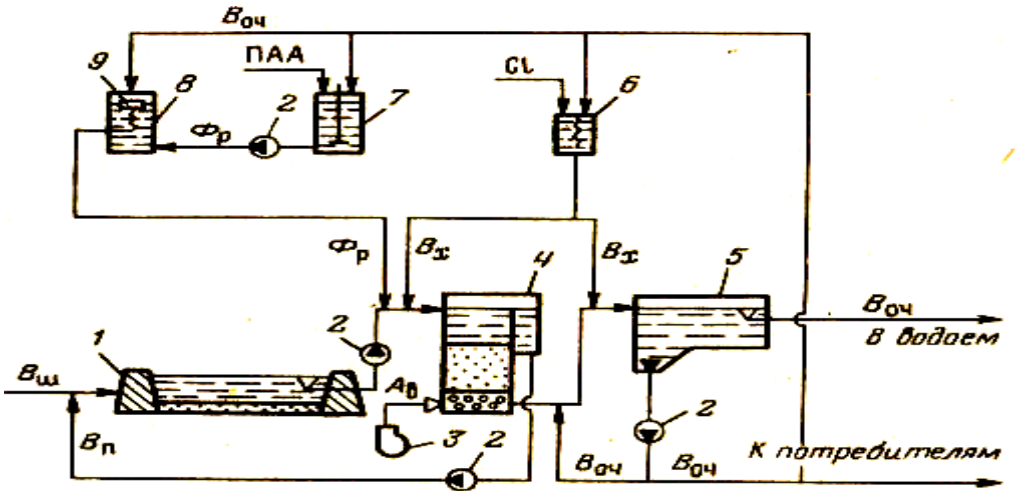


Схема цепи аппаратов для очистки сточных вод с использованием прудов-отстойников и скорых фильтров на весь приток: *1* – пруд-отстойник; *2* – насосы; *3* – воздуходувка; *4* – скорый фильтр; *5* – резервуар очищенной воды; *6* – хлоратор; *7* – растворный бак флокулянта; *8* – расходный бак флокулянта; *9* – поплавковый дозатор; Вш – исходная шахтная вода; Фр – раствор флокулянта; Вх - хлорная вода; Вп - промывная вода; Воч -очищенная шахтная вода; Ав - воздух

Наивысшая эффективность и глубина очистки достигается при применении прудов-отстойников в сочетании с фильтрами и осветлителями со взвешенным слоем осадка, наименьшая – при применении отстойников с коагуляцией и без нее. Технология очистки сточных вод с использованием прудов-отстойников получила широкое распространение на предприятиях горнодобывающей промышленности как наиболее простая в обслуживании и в конструктивном исполнении. На практике она применяется в четырех основных вариантах: пруд-отстойник большой вместимости, каскад прудов-отстойников, пруд-отстой-ник и скорые фильтры на часть притока, пруд-отстойник и фильтры, установленные на весь приток (рисунок). Достоинством технологии очистки сточных вод с использованием прудов-отстойников является совмещение процессов осветления воды и складирования осадка. Однако для размещения прудов-отстойников требуется значительное отчуждение земельных площадей, а концентрация тонкодисперсных фракций в исходной шахтной воде не должна превышать 30-50 мг/дм^3 при безреагентном отстаивании. При самостоятельном использовании прудов-отстойников очистка сточных вод в них от взвешенных веществ составляет до 15 мг/л, а в сочетании со скорыми песчаными фильтрами – до 5 мг/л.

Необходимая степень очистки сточных вод при их сбросе в водные объекты определяется состоянием водного объекта и возможной степенью их разбавления в зависимости от предельно допустимых концентраций (ПДК) различных загрязняющих ингредиентов. В зависимости от состава загрязнителей и характера их воздействия на водные объекты и находящиеся в них организмы сточные воды условно делятся [5] на четыре группы (табл. 1).

Загрязненные сточные воды перед повторным использованием или выпус-

Таблица 1

Группа	Вид загрязнений	Характер изменений состояния водоемов и водных растений	Источник загрязненных вод
1	Неорганические примеси со специфическими токсическими свойствами	Изменение органолептических и физико-химических свойств воды: засоление, снижение pH, заражение водных организмов	Кислые и высоко минерализованные шахтные и карьерные воды
2	Неорганические примеси без специфических токсических свойств	Изменение органолептических свойств воды	Шахтные и карьерные воды, загрязненные взве-шенными веществами
3	Органические примеси без специфических токсических свойств	Повышение окисляемости и БПК, создание дефицита кисло рода	Хозяйственно-фекальные воды
4	Органические примеси со специфическими токсическими свойствами	Изменение и ухудшение качества воды, отравление водных организмов	Шахтные, карьерные и другие сточные воды, загрязненные нефтепродуктами и взвешенными веществами

ком в природные водные объекты должны подвергаться очистке, способ и степень которой зависят от характера загрязнения сточных вод, их объемов, вида их последующего использования, условий выпуска и других факторов. Очистка сточных вод является одним из основных элементов системы охраны водных ресурсов разрезов и заключается в обработке их с целью разрушения и удаления из них загрязняющих веществ и нормализации их состава и свойств. В связи с большим разнообразием состава и свойств сточных вод применяют различные способы и методы их очистки. Основными способами очистки являются механический, физико-химический, химический, биохимический и термический. В некоторых случаях прибегают также к захоронению или закачке сточных вод в глубокие подземные горизонты.

Автором предложен наиболее простой и дешевый способ по регулированию режима поступления взвешенных веществ по руслоотводному каналу в водоток в начальный период его эксплуатации при отработке россыпных месторождений золота открытым способом [6]. Он основан на поэтапной промывке руслоотводного канала расчетными расходами воды (получен патент на изобретение).

Для обоснованного выбора способа очистки и обеззараживания сточных вод, а также состава очистных сооружений необходимы следующие исходные данные: объем и режим подачи сточных вод на очистку, их физико-химический состав, перечень потребителей очищенных и неочищенных сточных вод и требования к их качеству, требования органов охраны водных ресурсов по отведению сточных вод в природные водные объекты, результаты технологических исследований их и образующегося осадка.

Результаты технологических исследований сточных вод должны включать: кинетику осаждения взвешенных частиц, тип и оптимальную дозу реагентов, фильтровальные характеристики, параметры осадка, образующегося при очистке, дозу хлора для обеззараживания.

В общем случае технология очистки сточных вод включает ряд процес-

Таблица 2

Основные разделы каталога типовых методов и средств защиты малых рек от загрязнения сточными водами при открытой отработке месторождений полезных ископаемых в Забайкальском крае

Разделы каталога типовых методов и средств защиты малых рек от загрязнения сточными водами
1. Организационные водоохранные мероприятия и средства защиты
а) Организационные водоохранные мероприятия для защиты вод малых рек от поступления стоков с отрабатываемой открытым способом площади месторождения
б) Организационные водоохранные мероприятия для защиты вод малых рек от поступления стоков, содержащих нефть и нефтепродукты
в) Осуществлять мониторинг и контроль качества воды малых рек
2. Лесотехнические мероприятия на поймах рек, на которых ведется отработка месторождений
3. Гидротехнические мероприятия на отрабатываемых месторождениях, реках и их водосборах
4. Противоэрозионные мероприятия на водосборах малых рек в районе расположения месторождения
5. Естественнобиологические мероприятия на реках и их водосборах в районе расположения месторождения
6. Инженерные средства и мероприятия по защите малых рек от загрязнения сточными водами при отработке месторождений открытым способом
а) Очистка сточных вод от взвешенных веществ
б) Очистка сточных вод от тяжелых металлов
в) Очистка сточных вод от органических и бактериальных загрязнений

сов. Но в каждом отдельном случае некоторые из указанных процессов могут быть исключены или объе-динены друг с другом в зависимости от состава и свойств сточных вод, требований к их очистке и других факторов. Все это обусловливает большое разнообразие применяемых на практике технологических схем.

Общие требования к технологии, очистке и очистным сооружениям сводятся к тому, что они должны обеспечивать получение необходимого качества очищенных вод при изменении количества и качества исходных сточных вод, а также создавать условия для широкого использования ими сброса очищенных сточных вод. При этом необходимы высокие надежность и экономичность работы очистных сооружений в целом, а также механизация работы отдельных аппаратов и узлов [7].

Для типизации проектирования и строительства сооружений по очистке шахтных и карьерных вод от техногенных загрязнений сотрудники ВНИИОСуголь в 1984-1985 гг. разработали и передали для широкого практического использования каталог-справочник «Технологические схемы очистки от взвешенных веществ и обеззараживания шахтных вод», в который включены шесть наиболее эффективных и экономичных способов и типов водоочистных сооружений, применяемых в угольной промышленности [8].

Рекомендуемые варианты технологических схем очистки шахтных вод обеспечивают качественную их подготовку для использования на технические нужды предприятий и сброса избыточного объема вод в водоем в полном со-

ответствии с нормативными требованиями.

В результате анализа способов и методов очистки сточных вод, образующихся на месторождениях полезных ископаемых, разработан каталог инженерных средств и мероприятий по защите малых рек от загрязнения сточными водами при отработке месторождений открытым способом. Основные разделы каталога приведены в табл. 2.

Выводы

В результате исследования получены следующие выводы:

1. Задача интенсификации процессов очистки производственных сточных вод в горнодобывающей промышленности решается в нескольких направлениях. Наиболее перспективным из них является создание и освоение компактного оборудования заводского изготовления, выполненное на базе модульных конструкций. Такое оборудование, максимально готовое к монтажу на месте применения, позволит перевести строительство водоочистных сооружений на индустриальную основу [9].

2. В результате анализа способов и методов очистки сточных вод, образующихся на месторождениях полезных ископаемых, разработан каталог инженерных средств и мероприятий по защите малых рек от загрязнения сточными водами при отработке месторождений открытым способом. Каталог может использоваться для выбора методов и средств защиты малых рек от загрязнения сточными водами при открытой отработке месторождений полезных ископаемых в Забайкальском крае.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Экология* и охрана природы при открытых горных работах / П.И. Томаков [и др.]. - М.: Издательство Московского государственного горного университета, 1994. - 418 с.

2. *Красавин, А.П.* Защита окружающей среды в угольной промышленности / А.П. Красавин. - М.: Недра, 1991. - 221 с.

3. *Красавин, А.П. Бугайченко В.Е.* Охрана природы в угольной промышлености /А.П. Красавин, В.Е. Бугайченко. - М.: ЦНИЭИуголь, 1987. - С. 5 - 108.

4. *Красавин, А.П. Кукушкин В.М.* Охрана природы в топливно-энергетических комплексах Сибири и Казахстана /А.П. Красавин, В.М. Кукушкин. - М.: ЦНИЭИуголь, 1986. - С. 12-159.

5. *Горшков, В.А.* Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности / В.А. Горшков. - М.: Недра, 1981. С. 5 - 168.

6. *Коннов, В.И.* Влияние деятельности человека на малые реки Восточного Забайкалья: научное издание [Текст] / В.И.Коннов. - Чита: ЗабГГПУ, 2006. - 115 с.

7. *Ельчанинов, Е.А.* Развитие малоотходной технологии при подземной добыче угля: Обзор / Е.А.Ельчанинов, Д.Т. Горбачев, Е.В. Беляев. – М.: ЦНИЭИуголь, 1985. – С. 4 – 46.

8. *Технологические* схемы очистки от взвешенных веществ и обеззараживания шахтных вод. Каталог. - М.: ЦНИЭИуголь, 1985. – С. 4-98.

9. *Архипов, Н.А.* Добыча угля и рациональное природопользование / Н.А. Архипов, Е.А. Ельчанинов, Д.Т. Горбачев. - М.: Недра, 1987. - 285 с. ГИАБ

Коротко об авторах

Коннов В.И. – кандидат технических, наук, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита.

Доклад рекомендован к опубликованию Забайкальским институтом железнодорожного транспорта.

© В.И. Коннов, 2008

УДК 622.271:628.394

В.И. Коннов

МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЖИМА ВЫНОСА ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ПО РУСЛООТВОДНЫМ КАНАЛАМ ПРИ ПЕРЕНОСЕ РУСЕЛ РЕК ОТ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

При отработке россыпных месторождений золота открытым способом, расположенных в поймах и руслах малых рек, чаще всего приходится отводить водоток по руслоотводному каналу 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 (его поэтапная промывка). Расчетные положения методики основываются на широко известных трудах ученых, нормативной, методической и учебной литературе (С.Т. Алтунина, С.В. Басса, Н.Н. Бортина, М.И. Будыко, А.Г. Булавко, Н.А. Воронкова, И.Ф. Горошкова, В.К. Горшкова, Е.А. Ельчанинова, И.А. Железняка, Н.Н. Захаровской, В.А. Знаменского, А.В. Караушева, К.П. Клибашева, Е.А. Козловского, А.П. Красавина, Н.Н. Лапшева, Б.Н. Ласкорина, В.А. Меркулова, М.А. Михалева, В.Н. Новикова, А.И. Потапова, И.Д. Родзиллера, С.В. Сластунова, В.А. Фролова, И.А. Шикломанова и др.) [1-5]. Разработанная методика может быть использована для прогнозного укрупненного расчета выноса взвешенных веществ по руслоотводному каналу в период самоотмостки только для временных сооружений IV класса капитальности. В настоящее время загрязнение малых рек взвешенными веществами, поступающими из руслоотводного канала при отработке месторождений полезных ископаемых открытым способом, не учитывается.

Задача, решаемая предлагаемой методикой – исключение превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) взвешенных веществ в контрольном створе водотока, а также предельно допустимого сброса (ПДС) 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.

Известно изобретение, предназначенное для очистки потока от взвешенных дискретных частиц в потоке и их разделения по крупности (см. А. с. № 1618824, М кл. 5Е 02В 8/02 от 07.01.91 г.). Конструкция, предложенная авторами изобретения, представляет собой серию парных перегородок, установленных в углублениях разного объема. В углублениях происходит осаждение взвешенных в потоке частиц.

Недостатком способа является то, что он не позволяет сохранить нормативное качество воды по взвешенным веществам в контрольном створе водотока. При достаточно протяженных каналах и водотоках и больших расходах воды в них концентрация взвешенных веществ, после очистки указанным способом, не будет удовлетворять нормативным требованиям. Эффективность этого способа при пропуске воды невелика без одновременного использования устройств интенсификации размыва и взмучивания отложений в русле. Строительство парных перегородок и устройств интенсификации размыва в русле реки 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. 5Е 02В 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, отработка подрусловых запасов полезных ископаемых (золото, олово, уголь и др.), 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.

Наиболее близким к предлагаемому нами способу является способ очистки, углубления и спрямления русла реки. Он используется в гидротехнике и мелиорации для промывки русел рек. В русле реки выполняются перегораживающие гидротехнические сооружения с регулируемыми водопропускными отверстиями. Выше этих сооружений устраиваются пруды или водохранилища для накопления воды. Режим способа характеризуется тем, что при максимальных наполнениях прудов или водохранилищ открытие водопропускных отверстий осуществляют последовательно и с очередностью, начиная с сооружения, расположенного в низовье рек, и кончая сооружением, расположенным в верховье реки, а при малом наполнении прудов или водохранилищ – с обратной очередностью, при этом открытие водопропускных отверстий осуществляют на величину и со скоростью, прямопропорциональными требуемой интенсивности углубления и спрямления русла (см. RU № 2086729, кл. 6 Е02В 3/02). Недостатками этого способа являются те, которые были указаны для предыдущего способа.

Предлагаемый 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. Затраты, необходимые для строительства сооружений, в предлагаемом способе регулирования содержания взвешенных веществ в контрольном створе реки будут минимальными по сравнению со способами, предусматривающими проектирование и строительство специальных сооружений для очистки воды от взвешенных частиц.

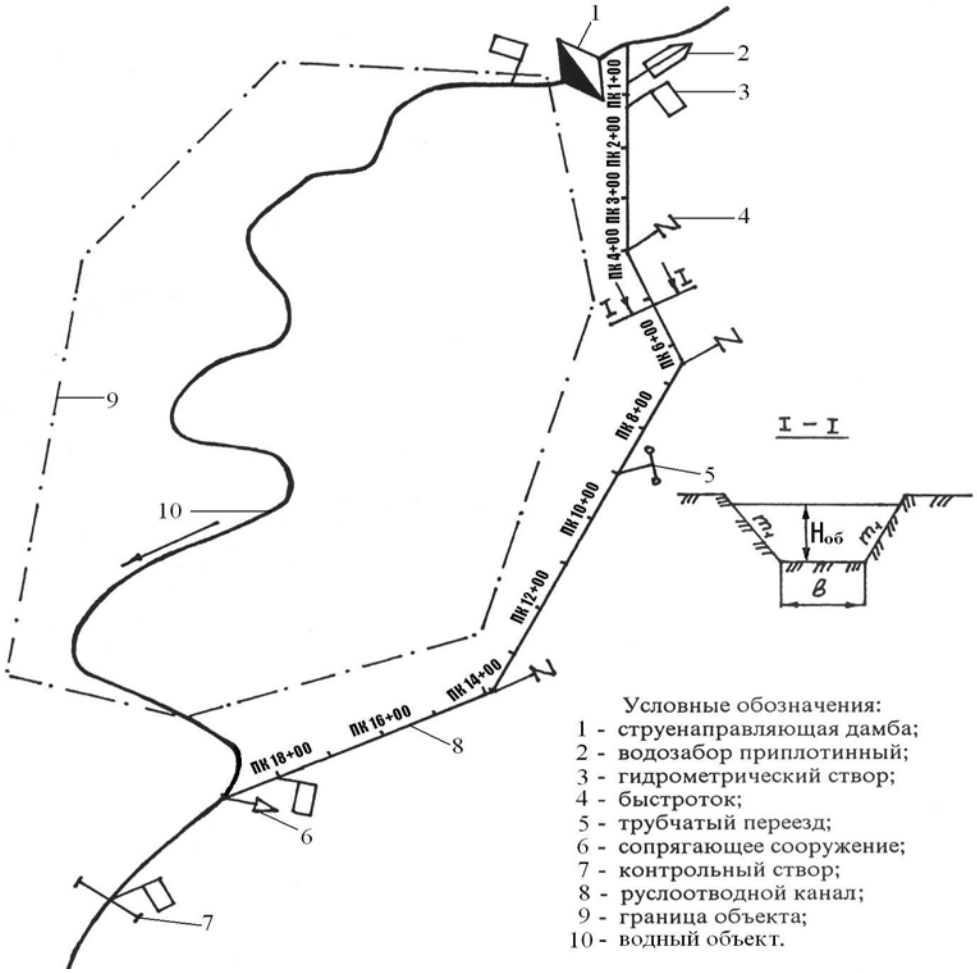
Сущность расчетов заключается в следующем. Предлагаемый способ позволяет выполнять любые виды работ в русле реки (строительство мостов, переездов, гидротехнических сооружений, добыча полезных ископаемых и др.) после отведения речного потока по руслоотводному каналу. Отведение речного потока в руслоотводной 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, предъ-являемых 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.

Способ регулирования качества воды в водном объекте при строительстве гидротехнических сооружений в русле реки показан на рисунке. Он состоит из струенаправляющей дамбы (низконапорной земляной насыпной плотины) *1*, приплотинного водозабора *2*, руслоотводного канала *8*, гидрометрических створов *3* на водотоке *10* и канале *8*, сопрягающих *6* и регулирующих сооружений *4, 5* на канале.

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 меженный (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. В химической лаборатории известными способами фильтрации или центрифугирования определяется концентрация взвешенных веществ. Окончанием первого этапа будет являться момент, в котором концентрация взвешенных веществ в



Регулирование концентраций взвешенных частиц в контрольном створе водотока при отработке россыпных месторождений золота открытым способом

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 предельно допустимую (ПДК). На каждом последующем этапе расход воды увеличивается, изменяются гидравлические элементы потока и должно соблюдаться то же условие – не превышение предельно допустимой концентрации 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 [6].

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):

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

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

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

где n - коэффициент шероховатости;

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

$$W = \left(B + m_0 h\right)h\,, \qquad (4)$$

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

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

где χ – смоченный периметр, м.

$$R = W / \chi\,. \qquad (6)$$

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

3. *Определение фактической скорости воды в канале*:

$$V_{фак.} = C\sqrt{Ri}\,. \qquad (7)$$

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

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

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

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

где ρ_2, ρ_0 – плотность материала частиц соответственно несвязного грунта и воды, кг/м^3; d – средний диаметр частиц грунта, м; $C^{н}_{ун}$ – усталостная прочность на разрыв несвязного грунта, Па.

Допускаемая неразмывающая скорость водного потока для неоднородных несвязных грунтов определяется по следующим формулам:
донная скорость потока ($V_{\Delta.н.дон.}$, м/с)

$$V_{\Delta.н.дон.} = 1,25 \times \sqrt{\frac{2m}{0,44\rho_0 n}\left[g\left(\rho_2 - \rho_0\right)D_{отм} + 2C_{ун}^{н}K\right]}\,; \qquad (10)$$

допускаемая неразмывающая средняя скорость потока ($V_{н.доп.}$, м/с)

$$V_{н.доп.} = \left(\lg\frac{8,8H}{d_{95}}\right)\times$$

$$\times\sqrt{\frac{2m}{0,44\rho_0 n}\left[g\left(\rho_2-\rho_0\right)D_{опт.}+2C_{ун}^{н}K\right]}, \quad (11)$$

где $D_{опт.}$ - средний диаметр частиц отмостки, вычисляемый как средневзвешенный по площади, занимаемой на дне потока частицами укрупненного слоя грунта.

Допускаемые неразмывающие скорости водного потока для связных грунтов определяются по зависимостям вида:

допускаемая неразмывающая донная скорость потока ($V_{н.доп.}$, м/с)

$$V_{н.доп.} = 1,25\times$$

$$\times\sqrt{\frac{2m}{2,6\rho_0 n}\left[g\left(\rho_2-\rho_0\right)d+1,25C_{y}^{н}K\right]}; \quad (12)$$

$$V_{н.доп.} = \left(\lg\frac{8,8H}{d}\right)\times$$

$$\times\sqrt{\frac{2m}{2,6\rho_0 n}\left[g\left(\rho_2-\rho_0\right)d+1,25C_{y}^{н}K\right]}, \quad (13)$$

где $C_y^н$ – нормативная усталостная прочность на разрыв связного грунта, Па; d – средний размер агрегатов (отрывающихся отдельностей) грунта, приведенный к диаметру равнообъемного шара, м; m – коэффициент условий работы; K – коэффициент однородности связных грунтов.

При этом должно выполняться следующее условие:

$$V_{нез.} < V_{фак.} < V_{доп.нер.}, \quad (14)$$

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

а) от общего расхода воды в реке $Q_{об}$ часть отводится в руслоотводной канал – $Q^к_1$ и в реке остается – $Q^р_1$. Величина $Q^к_1$ назначается подбором таким образом, чтобы этот расход был максимальным, но при этом должно выполняться условие $m_1 \geq \rho_1$ (расчет m_1 и p_1 приводится далее).

Определяются гидравлические элементы и параметры поперечного сечения руслоотводного канала и реки для расходов $Q^к_1$ и $Q^р_1$, фактические скорости $V_{фак}$ и $V_{нез}$ для каждого расхода и сравнивниваются с допускаемой 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:

$$m_1 = p(a_1 Q_1^р / Q_1^к + 1)b, \quad (15)$$

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,

$$\alpha_1 = \frac{1-\ell^{-d_1 L^{1/3}}}{1+\frac{Q_z^р}{Q_z^к}\ell^{-d_1 L^{1/3}}}, \quad (16)$$

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,

$$d_1 = Z\cdot Ku\left(\frac{D_1}{Q_1^к}\right)^{1/3}, \quad (17)$$

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

$$D_1 = gV_1 h_1 / (37 n_p c_1^2), \qquad (18)$$

где g - ускорение свободного падения; V_1 - фактическая скорость воды в реке при $Q^к_1$, м/с; h_1 - глубина воды в реке при $Q^к_1$, м; n_p - коэффициент шероховатости; C_1 - коэффициент Шези для реки при $Q^к_1$, $м^{0,5}/с$;

в) определяется транспортирующая способность канала ρ_1 для условий пропуска расхода $Q^к_1$:

$$\rho_1 = 700(V_1 / W_1)^{3/2}\sqrt{R_1 i_к},$$

при 2 мм/с < W_1< 8 мм/с; (19)

$$\rho_1 = 350 V_1 \sqrt{R_1 i_1 V_1 / W_1},$$

при 0,4 мм/с < W_1< 2 мм/с, (20)

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; $i_н$, 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 $Q^к_1$ и $Q^р_1$. Величина $Q^к_1$ 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 увеличиваеется 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 $Q_р$.

По предложенной методике контроля и регулирования режима поступления взвешенных веществ по руслоотводному каналу в водоток в период самоотмостки получен патент на изобретение.

Вывод

Предлагаемая модель позволяет дать не только описание и 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).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гидротехнические* сооружения. Основные положения проектирования [Текст]: СНиП 2.06.01-86 / Госстрой СССР. - М., ЦИТП Госстроя СССР, 1987. - 32 с.

2. *Справочник* по гидравлическим расчетам [Текст] / Под ред. П.Г. Киселева. - М.: Энергия, 1972. - Изд. 4-е. - 312 с.

3. *Мелиоративные* системы и сооружения: СНиП 2.06.03-85 [Текст]. / Госстрой СССР. - М., ЦИТП Госстроя СССР, 1985. - 199 с.

4. *Защита* горных выработок от подземных и поверхностных вод: СНиП 2.06.14-85 [Текст] / Госстрой СССР. - М., ЦИТП Госстроя СССР, 1985. - 37 с.

5. *Алтунин С.Т.* Регулирование русел [Текст]/С.Т. Алтунин. - М.: Изд. сельскохоз. литер., 1962. - 348 с.

6. *Коннов В.И.* Экологическая оценка и мероприятия по защите от загрязнения малых рек Восточного Забайкалья: научное издание [Текст] / В.И. Коннов. – Чита: ЧитГУ, 2006. - 126 с. ГИАБ

Коротко об авторах

Коннов В.И. – кандидат технических, наук, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита.

Доклад рекомендован к опубликованию Забайкальским институтом железнодорожного транспорта.