

Ю.В. Субботин, Ю.М. Овешников, П.Б. Авдеев

ВОДОСНАБЖЕНИЕ ДРАГ И ОЧИСТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОДЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПИ «СРЕДНЯЯ БОРЗЯ»

Аннотация. Рассмотрены перспективные способы очистки и доочистки сточных и оборотных вод с учетом горно-геологических условий золотоносного россыпного месторождения «Средняя Борзя», расположенного в Забайкальском крае Российской Федерации. Представлены результаты исследований охраны водотоков от загрязнения за счет обеспечения оборотной схемы водоснабжения драг и применения геотекстильных фильтров с наполнителем из цеолита для доочистки сточных вод. Приведена схема оборотного водоснабжения, основанная на создании водоподпорных плотин, оборудованных надежными противοфильтрационными средствами защиты. Обоснована технология применения комбинированной защиты плотины, включающая одновременное использование противοфильтрационного экрана и противοфильтрационной завесы. В результате проведенных исследований выявлено, что для создания противοфильтрационного экрана в водоподпорной плотине наиболее приемлемым является геотекстильный материал «Дорнит», а противοфильтрационную завесу необходимо осуществлять на основе кольматажа плотины путем применения порошковой технической натрийкарбоксиметлцеллюлозы (NaKMЦ) с последующей попеременной обработкой горных пород мокрого откоса плотины водными растворами NaKMЦ и треххлористого железа ($FeCl_3$). Для снижения негативного экологического воздействия на водотоки рассмотрены и предлагаются к внедрению три стадии очистки сточных и оборотных вод: 1 — гравитационное осаждение грубодисперсных частиц в отстойнике; 2 — физико-химическая очистка от тонкодисперсных примесей с использованием коагулянтов и флокулянтов; 3 — доочистка технологической воды на геотекстильных фильтрах с наполнителем из цеолита. Рекомендуемая схема оборотного водоснабжения драг позволяет не только снизить содержание загрязняющих веществ в сточных и оборотных водах до норм ПДК и привести их в состояние близкое к фоновому, но и решает вопросы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов за счет снижения фильтрационных потерь загрязненных вод из отстойников, улучшает условия разработки месторождения и уменьшает объем работ по рекультивации поверхности, уменьшает эксплуатационные и технологические потери драгоценного металла и в целом повышает эффективность промывки золотосодержащих песков.

Ключевые слова: россыпное месторождение, дражная разработка, оборотная схема водоснабжения драги, взвешенные вещества, геотекстильный фильтр, цеолит, очистка и доочистка сточной и оборотной воды.

DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-58-68

За последнее десятилетие, начиная с 2007 по 2016 гг. объемы добычи золота в Российской Федерации возросли в 1,84 раза, и с 2013 г. Россия твердо заняла третье место в мире по добыче драгоценного металла после Китая и Австралии (рис. 1).

Производство золота в России осуществляется в основном за счет разработки коренных золоторудных месторождений и золотоносных россыпей, а также попутно — при разработке полиметаллических и других месторождений и частично путем переработки металлолома (вто-

ричное золото). Основными продуцентами являются горнодобывающие предприятия: ПАО «Полюс» (50–60 т/год), «Полиметалл» (20–30 т/год), «Nordgold» (25–30 т/год), разрабатывающие в основном рудные месторождения. Однако более 30% золота в стране добывается из россыпных месторождений (по объемам добычи золота из россыпей Россия стабильно удерживает 1 место в мире).

В Забайкальском крае месторождения россыпного золота эксплуатируются более 170 лет. Здесь в настоящее время более 40 предприятий разрабатывают золотоносные россыпи гидромеханизированным и дражным способами. Объем добычи по отдельным предприятиям достигает 800 кг/год. В 2014 г. предприятия Забайкалья добыли 12,3 т золота, причем более половины: 6,4 т — из россыпей [13].

Крупные протяженные аллювиальные россыпи разрабатываются драгами. Например, месторождение россыпного золота «Средняя Борзя», расположенное на

территории Нерчинско-Заводского и Калганского районов Забайкальского края, разрабатывается двумя 250-литровыми драгами (№ 167, №1 68) производственного кооператива «Артель старателей Даурия».

В последние годы разработка россыпи «Средняя Борзя» значительно осложнилась вследствие ухудшения горно- и гидрогеологических условий (значительное содержание илесто-глинистого материала, наличие многолетней мерзлоты, суровость климата, обводненность песков, вовлечение в отработку забалансовых запасов и техногенных участков) [11, 13, 14].

При этом природная чистота реки Средняя Борзя, приуроченной к водоемам 1 категории водопользования, требует применения надежной и рациональной схемы водоснабжения драг с минимальным сбросом сточных вод и очисткой их от загрязнений до санитарных норм. Поэтому задача снижения энергетических затрат на водоподготовку —

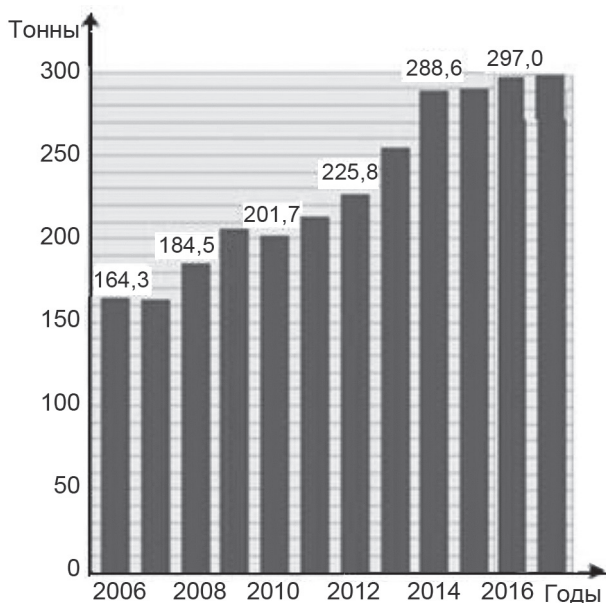


Рис. 1. Динамика производства золота в России 2006–2016 гг.

Fig. 1. Gold production dynamics in Russia in 2006–2016

водоснабжение, водоотведение, очистку сточных и оборотных вод, а также в целом проблема повышения экологической безопасности технологии дражной разработки и снижения экологического ущерба наносимого водотокам при разработке золотоносной россыпи «Средняя Борзя» является актуальной [10, 14].

Применяемые схемы водоснабжения драг № 167 и № 168, основанные на создании гидротехнических сооружений (ГТС) — водоподпорных плотин, ограждающих дамб, технологических перемычек и отстойников с осветлением в них промышленных стоков гравитационным способом, позволяют уменьшить негативное воздействие открытых горных работ на экосистему.

Земляные плотины и дамбы имеют многоцелевое назначение. Они одновременно служат, как для обеспечения водоснабжения драг, охраны реки от загрязнения, доступа драг к увальным частям россыпи, так и для предохранения пород от промерзания в зимний период затоплением [1, 4].

Технология их строительства проста и не требует значительных капитальных вложений. Для отсыпки тела плотины используются вскрышные породы (торфа), а также в незначительных объемах привозные горные породы с минимальной водопроницаемостью: глины, суглинки и торф [1, 2].

Однако в связи с вовлечением в разработку техногенных участков месторождения «Средняя Борзя» со значительной нарушенностью горного массива и высокой динамичностью мерзлотно-гидрогеологических процессов, надежность земляных плотин существенно снизилась [10, 11].

Из-за значительных фильтрационных потерь через ограждающие ГТС удерживать уровень воды в дражном разрезе сложно, и в результате предприятие вынуждено производить дополнительный

безлимитный водозабор из реки [11, 12]. Для обеспечения снижения объема фильтрации воды через плотину необходимо обеспечить ее надежной противофильтрационной защитой.

Наиболее эффективными средствами защиты ГТС являются противофильтрационные экраны (ПФЭ), создаваемые из полимерных пленок, а также противофильтрационные завесы (ПФЗ), выполненные на основе химического реагента натрий-карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ).

Первые опыты применения противофильтрационной защиты ГТС были успешно осуществлены В.М. Старковым на прииске им. Березина в Магаданской области в 1967 г. и на дражном полигоне россыпи р. Бульбухта треста «Лензолото» д.т.н., проф. А.В. Рашкиным, Н.Г. Шуваловым и Ю.М. Ведяевым в 1968—1969 гг., где были предложены конструктивные схемы пленочных противофильтрационных экранов в технологических плотинах [4]. В 1970—90-х годах д.т.н., проф. А.В. Рашкиным и д.т.н., проф. М.В. Костроминим проведены исследования по изучению противофильтрационных свойств порошкового водорастворимого Na-КМЦ, а также возможности использования его для создания противофильтрационной завесы ГТС на дражных разработках. Опыты показали, что и растворы, и порошок Na-КМЦ обладают высокой противофильтрационной способностью [4, 6, 7].

Поэтому на дражных полигонах россыпи «Средняя Борзя» (особенно в неоднородных породах техногенных участков с высоким коэффициентом фильтрации более 40—50 м/сут) нами рекомендуется применение более надежной комбинированной противофильтрационной защиты водоподпорной плотины, выполненной в виде совокупности противофильтрационного экрана и противофильтрационной завесы [9] (рис. 2).

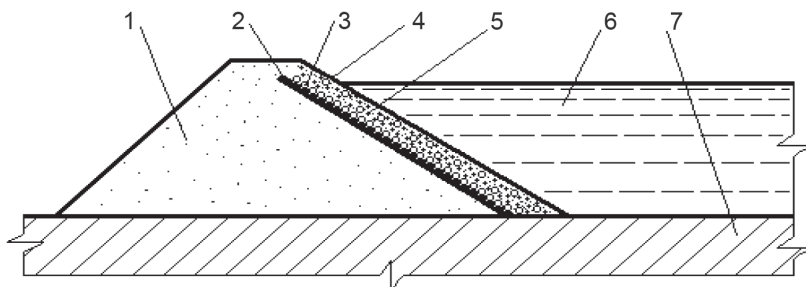


Рис. 2. Комбинированная противофильтрационная защита плотины: 1 – водоподпорная плотина; 2 – противофильтрационный экран (полотно геотекстильного материала «Дорнит»); 3 – порошок Na-КМЦ; 4 – мокрый откос плотины; 5 – противофильтрационная завеса (защитный слой покрывающих пород, обработанный порошкообразным Na-КМЦ); 6 – вода; 7 – водонепроницаемые подстилающие породы

Fig. 2. Hybrid waterproofing of a dam: 1—water retention dam; 2—impervious screen (Dornit geotextile); 3—Na-CMC powder; 4—wet slope of dam; 5—sealing curtain (protective cover rock layer treated with Na-CMC powder); 6—water; 7—impermeable underlying rocks

Для создания противофильтрационного экрана в плотине целесообразно использовать геотекстильный материал (ГТМ) «Дорнит» или «Нетканый», которые имеют низкую стоимость, обладают высокой адсорбционной способностью, прочностью и технологичностью при монтаже и эксплуатации.

ГТМ «Дорнит» и «Нетканый» производятся отечественной промышленностью на основе синтетических волокон путем механического скрепления их иглопробивным способом.

Например, ГТМ «Дорнит» характеризуется однородной мелкопористой структурой и обладает высокой прочностью на растяжение от 90 до 100 Н/см.

Размеры пор достигают 50–75 мкм, как в поперечном, так и продольном направлениях полотна. Объемная плотность колеблется от 90 до 150 кг/м³, а относительное удлинение достигает 60–80% (табл. 1) [2–5].

Для создания противофильтрационной завесы ГТС рекомендуется использовать водорастворимый полимер Na-КМЦ.

Технология создания комбинированной противофильтрационной защиты плотины проста и осуществляется следующим образом (см. рис. 2).

На водонепроницаемых породах (7) сооружают водоподпорную земляную плотину (1), на мокрый откос (4) которой

Таблица 1

Характеристика геотекстильных материалов
Characteristics of geotextile materials

Название	Страна изготовитель	Ширина полотна, м	Толщина материала, мм	Прочность на растяжение, Н/см
Дорнит	Россия	2,5–5,0	4,0	90–100
Нетканый	Россия	2,5	3,0	180–200
Типар	США	5,0	2,0–3,0	100–120
Гейдельбергский	Германия	4,0	1,0–3,0	30–120
Террам	Англия	3,0	1,0–2,0	30–50
Стратум	Италия	3,0	3,0–6,0	60–200

Таблица 2

Технико-экономическое сравнение способов создания противofильтрационной защиты плотины**Comparative technical and economic analysis of dam waterproofing methods**

Способ создания ПФЗ и ПФЭ в ГТС	Относит. эффективность, доли ед.	Относительная себестоимость, доли ед.	Трудоемкость, чел.ч/1000 м ²
Раствором Na-КМЦ	0,10	1,2	5–12
Порошок Na-КМЦ	0,30	1,0	5–10
Противofильтрационный экран из полимерной пленки	0,30	1,0	5–10
Попеременно растворами Na-КМЦ, FeCl ₃	0,80	2,5	8–16
Комбинированный с использованием ГТМ «Дорнит» и порошка Na-КМЦ	1,00	2,7	9–17
Химическая кольматация взрывом	1,00	5,0	10–22

настилают слой геотекстильного фильтровального нетканого материала «Дорнит» (2).

На поверхность «Дорнита» наносят слой водорастворимого порошкового полимера Na-КМЦ (3), исходя из расчета 0,1–0,5 кг/м², который засыпают перед затоплением предохранительным слоем горной породы (5) толщиной 0,2–0,3 м. Защитный слой горной породы в совокупности с полимером Na-КМЦ образуют противofильтрационную завесу.

При взаимодействии порошка Na-КМЦ с молекулами воды полимер набухает в породе, образует макромолекулы, а также не растворимые в воде пленки и агрегаты, которые закрывают поры геотекстильного фильтровального нетканого материала «Дорнит».

За счет своей мелкопористой структуры и высокой адсорбционной способности «Дорнит» задерживает не только макромолекулы Na-КМЦ, химические реагенты, пленки и агрегаты, образуемые при их смешивании, но также и мельчайшие взвешенные частицы, химические соединения тяжелых металлов и нефтепродуктов, находящиеся как в эмульгированном состоянии, так и в ви-

де плавающих примесей. В результате этого на поверхности мокрого откоса водоподпорной земляной плотины образуется высокоэффективная не склонная к вымыванию высококонцентрированная тиксотропная система, содержащая значительное число гелевых частиц и способная противодействовать гидростатическому давлению фильтрующей воды.

Для создания противofильтрационной завесы увеличенной толщины и повышения эффекта гидроизоляции перед заполнением водоема водой (6) уложенный предохранительный слой пород (5) дополнительно попеременно обрабатывают сначала водным раствором Na-КМЦ с расходом 5–10 л/м², затем водным раствором хлорного железа FeCl₃ с тем же расходом и снова водным раствором Na-КМЦ с повторением указанных операций в два-три цикла. Обработка пород раствором Na-КМЦ должна быть завершающей операцией.

Концентрация водных растворов реагентов готовится одинаковой 0,5–2,0%. После обработки пород реагентами за счет изменения структуры скелета пород и перераспределения связей с образованием адсорбционных центров

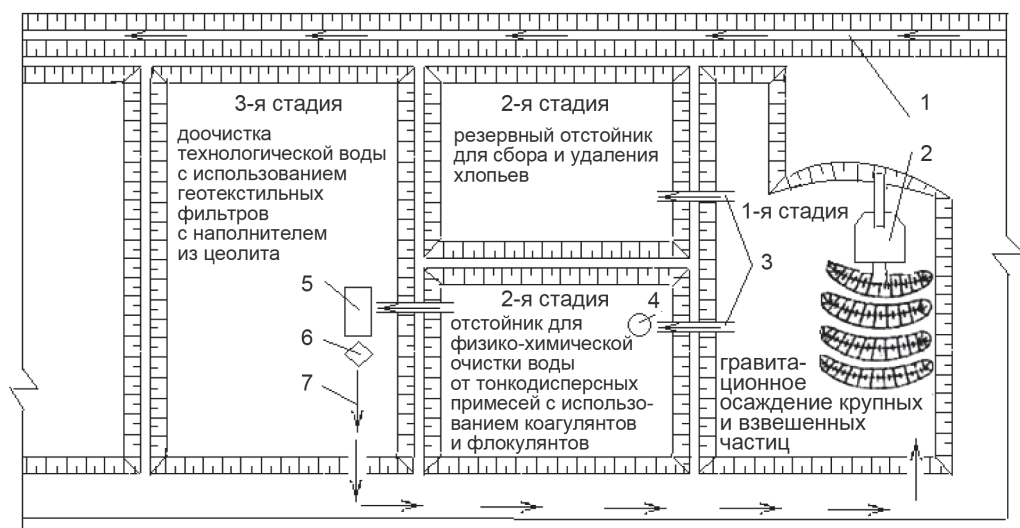


Рис. 3. Схема замкнутого оборотного водоснабжения драги при разработке золотоносной россыпи «Средняя Борзя»: 1 — руслоотводной канал; 2 — драга; 3 — водослив (сифон или труба); 4 — ре-агентная станция; 5 — геотекстильный фильтр с наполнителем из цеолита; 6 — насосная станция; 7 — направление движения очищенной оборотной воды

Fig. 3. Closed circuit of recycling water supply for dredge in the Srednyaya Borzya gold placer mining: 1—river-bed diversion canal; 2—dredge; 3—water discharge (siphon drain or pipe); 4—reagent station; 5—geotextile filter with zeolite filler; 6—pumping station; 7—purified recycling water flow direction

в виде катионов Fe^{3+} , Fe^{2+} и Fe-КМЦ коэффициент фильтрации пород значительно снижается, а эффект кольматации возрастает в 3–5 раз, превышая эффективность возведения противофильтрационных завес на основе взрывной кольматации.

Новизна комбинированного способа создания противофильтрационной защиты гидротехнических сооружений подтверждена патентом РФ на изобретение № 2310711 [9].

Для обеспечения эффективной и надежной противофильтрационной защиты плотины важное значение имеет способ ее создания в ГТС (табл. 2).

Выявлено, что применение комбинированной противофильтрационной защиты ГТС с использованием геотекстильных материалов в совокупности с химическими реагентами: порошок Na-КМЦ и растворов Na-КМЦ, $FeCl_3$ позволяет уменьшить исходный коэффициент филь-

рации горных пород в десятки раз и сократить фильтрационные потери не менее чем в 2 раза.

Для повышения эффективности локальной замкнутой схемы оборотного водоснабжения на дражных разработках россыпи «Средняя Борзя» очистку технологической воды предусматривается выполнять в три стадии (рис. 3), т.к. применяемое гравитационное осаждение примесей в отстойниках после многократного использования воды в технологическом процессе промывки золотоносных песков становится неэффективным, что приводит к увеличению (до 40–50%) технологических потерь драгоценного металла.

На первой стадии очистки происходит естественное гравитационное осаждение крупных грубодисперсных примесей в дражном разрезе.

Вторая стадия включает создание станции физико-химической очистки, ра-

бота которой основана на применении различных флокулянтов, коагулянтов и их комбинаций, а также двух отстойников (один в работе, другой в резерве — из него с помощью бульдозера удаляются хлопья осевших примесей).

На третьей стадии осуществляется доочистка технологической воды на геотекстильных фильтрах с наполнителем из цеолита.

Геотекстильные фильтры, выполненные на основе геотекстильного материала «Дорнит» отечественного производства, способны очищать сточные воды от мельчайших взвешенных частиц, хи-

мических соединений тяжелых металлов и нефтепродуктов, находящихся как в эмульгированном состоянии, так и в виде плавающих примесей до норм ПДК.

Устройства доочистки промышленных стоков, выполненные на основе геотекстильных фильтров работают эффективно при содержании взвешенных веществ в сточной воде не более 20–30 мг/л, органических веществ — 0,1%, нефтепродуктов — 1,0–1,5 мг/л и имеют различные конструкции.

Они могут быть выполнены в виде трубчатых [8], коробчатых и кассетных геотекстильных фильтров. Фильтроваль-

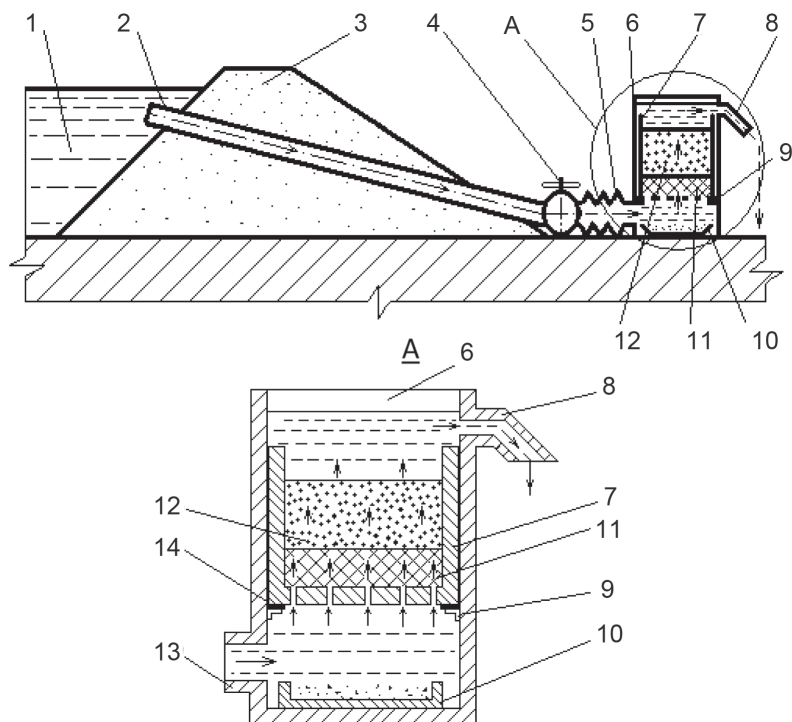


Рис. 4. Устройство для доочистки технологической воды с использованием геотекстильных фильтров (третья стадия): 1 — отстойник загрязненных сточных вод; 2 — водосбросная труба; 3 — ограждающая дамба; 4 — вентиль; 5 — гофрированная труба; 6 — геотекстильный фильтр с наполнителем из цеолита; 7 — съемный контейнер; 8 — водосливной патрубков; 9 — опора для контейнера; 10 — поддон для улавливания крупных твердых частиц; 11 — слой геотекстильного материала; 12 — слой цеолита; 13 — соединительный патрубков; 14 — водонепроницаемая прокладка

Fig. 4. System for additional purification of process water using geotextile filters (third stage): 1—dirty effluents tank; 2—water discharge pipe; 3—dam; 4—faucet; 5—convoluted pipe; 6— geotextile filter with zeolite filler; 7—detachable container; 8—water discharge branch pipe; 9—container support; 10—large solid particle capture tray; 11—geotextile layer; 12—zeolite layer; 13—connecting branch; 14—waterproof seal

ные устройства просты в изготовлении и надежны в работе. Процесс очистки технологической воды, монтаж и обслуживание геотекстильных фильтров требуют незначительных материальных и трудовых затрат.

Эффект очистки сточных вод от загрязняющих веществ и примесей возрастает в 2–2,3 раза при использовании коробчатых геотекстильных фильтров, где наряду с геотекстильным материалом «Дорнит» используются цеолитсодержащие туфы с расходом 1–4 кг/м² фильтрующей поверхности (рис. 4).

Высокий технический результат достигается благодаря тому, что фильтрация загрязненной воды в геотекстильном фильтре происходит в восходящем потоке фильтрата (снизу вверх) через поры геотекстильного материала и цеолит.

Обеспечение движения загрязненной воды через геотекстильный материал и цеолит в восходящем потоке позволяет повысить степень очистки сточных вод за счет более равномерного заполнения пор геотекстильного материала и порового пространства в цеолите фильтратом, а также исключить кольматацию геотекстильного материала и цеолита крупными фракциями загрязняющих веществ. Коробчатый геотекстильный фильтр включает от одного до трех съемных контейнеров с геотекстильным материалом и цеолитом.

Корпус геотекстильного фильтра и контейнеры выполнены из листового железа толщиной 6–10 мм и металлического уголка с помощью сварки.

Высота геотекстильного фильтра 2,0 м, длина (при наличии трех контейнеров) — 3,6 м, ширина — 1,6 м. Контейнеры могут извлекаться из корпуса фильтра (для регенерации цеолита и геотекстильного материала) с помощью автокрана. Высота съемного контейнера 1,5 м, длина — 1,0 м, ширина — 1,5 м. Площадь поперечного сечения одного контейнера

составляет 1,5 м². Общая площадь поперечного сечения геотекстильного фильтра — 4,5 м².

Дно съемного контейнера перфорировано отверстиями диаметром 10–20 мм. Геотекстильный материал укладывают на дно контейнера в 5–7 слоев общей толщиной 25–30 мм. Поверх геотекстильного материала насыпают слой цеолита крупностью более 5 мм. Высота слоя цеолита 800 мм. Объем цеолита в одном контейнере равен 1,0–1,2 м³ (1400 кг). Масса цеолита, необходимого для одного геотекстильного фильтра составляет 4200 кг.

Геотекстильные фильтры устанавливаются на твердом основании, расположенном со стороны сухого откоса водоподпорной дамбы. При доочистке вода из отстойника подается по трубе самотеком.

Пропускная способность геотекстильного фильтра зависит от типа геотекстильного материала, площади поперечного сечения фильтра, концентрации и крупности взвешенных веществ в сточных водах. Эффективная пропускная способность одного геотекстильного фильтра колеблется от 220 до 250 м³/ч. Повышение пропускной способности геотекстильного фильтра снижает качество очистки сточных вод.

Производительность фильтровальной установки не остается постоянной в течение всего периода ее эксплуатации, а со временем снижается. Изменение работы фильтра носит линейный характер и зависит от количества, дисперсности и концентрации загрязняющих веществ в технологической воде. Чем больше примесей и выше их концентрация, тем быстрее забиваются поры геотекстильного материала, снижается производительность геотекстильного фильтра и сокращается срок его службы.

Использование геотекстильного фильтра в технологических процессах открытых горных работ является весьма перспек-

тивным направлением для повышения эффективности и экологической безопасности разработки россыпных месторождений золота.

Доочистка сточных и оборотных вод через геотекстильные фильтры в комбинации с традиционными способами (гравитационным с применением прудов отстойников и физико-химическим с использованием коагулянтов и флокулянтов) позволяет снизить содержание загрязняющих веществ в технологической воде до норм ПДК и привести технологические воды в состояние близкое к фоновому.

При применении геотекстильных фильтров на последней стадии очистки сточных вод снижается уровень загрязнения сбрасываемых вод. Что ведет к снижению ущерба природе и платы за превышение предельно допустимых концентраций вредных веществ при разработке россыпей.

В перспективе геотекстильные фильтры различных конструкций найдут ши-

рокое применение в технологических процессах очистки и доочистки технологической воды на горнодобывающих предприятиях при разработке россыпных месторождений золота, и это позволит ускорить решение проблемы водоснабжения как на гидромеханизированных, так и на дражных разработках россыпей, значительно снизить потери металла и в целом повысить эффективность промывки золотосодержащих песков.

Таким образом, результаты исследований показывают, что применение новых высокоэффективных систем водоснабжения в комплексе с плотинами, имеющими водонепроницаемую завесу и экран, не только способствует качественной очистке технологической воды, но и решает вопросы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, уменьшает эксплуатационные и технологические потери, улучшает условия разработки месторождения и уменьшает объем работ по рекультивации поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костромин М. В., Достовалов В. В. Рациональная технология водоснабжения и очистки сточных вод при дражной разработке россыпей // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 1. — С. 22–26.
2. Овешников Ю. М., Субботин Ю. В. О глубокой очистке сточных и оборотных вод при разработке месторождений россыпного золота // Горный журнал. — 2000. — № 5. — С. 60–62.
3. Рашкин А. В., Авдеев П. Б., Субботин Ю. В. Тепловая и водная подготовка горных пород при разработке мерзлых россыпей. — М.: Изд-во «Горная книга», 2004. — 353 с.
4. Субботин Ю. В., Якимов А. А. Совершенствование технологии очистки карьерных вод на объектах россыпной золотодобычи / Кулагинские чтения: XVII международная научно-техническая конференция: сборник статей. Ч.1. — Чита: ЗабГУ, 2017. — С. 186–194.
5. Субботин Ю. В. Применение геотекстильных материалов в технологии очистки сточных вод / Вестник ЧитГУ: сборник научных трудов. — Чита, 2004. — С. 32–42.
6. Субботин Ю. В., Овешников Ю. М. Совершенствование способов очистки сточных и оборотных вод // Вестник МАНЭБ. — 1998. — № 8. — С. 77–81.
7. Субботин Ю. В., Рашкин А. В. Водоснабжение, водоотведение и очистка сточных вод при гидромеханизированной разработке россыпей / Комплексное освоение и экология россыпных и морских месторождений: сборник научных трудов. — М., 2004. — С. 125–130.
8. Субботин Ю. В., Рашкин А. В., Герасимов В. М., Овешников Ю. М., Мязин А. В. Патент № 2094085 Российская Федерация, МКП 6 В 01 D 21/00. Устройство для очистки сточных вод; заявитель и патентообладатель Читинский государственный университет. 96115045/25; заявл. 25. 07. 1996; опубл. 27. 10. 1997, Бюл. № 23. — 4 с.
9. Субботин Ю. В. Патент № 2310711, Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/16. Способ создания противочлнтрационных завес; заявитель и патентообладатель Читинский госу-

дарственный университет. № 2006103059/03; заявл. 02.02.2006; опублик. 20.11.2007, Бюл. № 32. — 5 с.

10. Makarieva O., Nesterova N., Lebedeva L., Sushansky S. Water balance and hydrology research in a mountainous permafrost watershed in upland streams of the Kolyma River, Russia: a database from the Kolyma Water-Balance Station, 1948–1997, *Earth Syst. Sci. Data*, 10, 689–710, <https://doi.org/10.5194/essd-10-689-2018>, 2018.

11. Qu W., Bogena H. R., Huismans J. A., Schmidt M., Kunkel R., Weuthen A., Schiedung H., Schilling B., Sorg J., Vereecken H. The integrated water balance and soil data set of the Rollesbroich hydrological observatory, *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 517–529, <https://doi.org/10.5194/essd-8-517-2016>, 2016.

12. Tian F., Hu H., Lei Z., Sivapalan M. Extension of the Representative Elementary Watershed approach for cold regions via explicit treatment of energy related processes, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 10, 619–644, <https://doi.org/10.5194/hess-10-619-2006>, 2006.

13. Oshima K., Ogata K., Park H., Tachibana Y.: Influence of atmospheric internal variability on the long-term Siberian water cycle during the past 2 centuries, *Earth Syst. Dynam.*, 9, 497–506, <https://doi.org/10.5194/esd-9-497-2018>, 2018.

14. Wada Y., Wisser D., Bierkens M. F. P. Global modeling of withdrawal, allocation and consumptive use of surface water and groundwater resources, *Earth Syst. Dynam.*, 5, 15–40, <https://doi.org/10.5194/esd-5-15-2014>, 2014. **МАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Субботин Юрий Викторович¹ — доктор технических наук, доцент, профессор, e-mail: ogr_chitgu@mail.ru,

Овешников Юрий Михайлович¹ — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, e-mail: ogr_chitgu@mail.ru,

Авдеев Павел Борисович¹ — доктор технических наук, профессор, декан горного факультета, e-mail: chita-apb@yandex.ru,

¹ Забайкальский государственный университет.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2019. No. 2, pp. 58–68.

Water supply of dredges and process water purification at placer mining Srednaya Borzya

Subbotin Yu.V.¹, Doctor of Technical Science, Professor, e-mail: ogr_chitgu@mail.ru,

Oveshnikov Yu.M.¹, Doctor of Technical Science, Professor, Head of Chair, e-mail: ogr_chitgu@mail.ru,

Avdeev P.B.¹, Doctor of Technical Science, Professor, Dean of Mining Faculty, e-mail: chita-apb@yandex.ru,

¹ Transbaikal State University, 672000, Chita, Russia.

Abstract. Perspective ways of purification and tertiary treatment of sewage and circulating waters according to mining and geological conditions of the gold gravel deposit Srednaya Borzya located in Transbaikal region of Russian Federation are considered. There are the results of researches of water course protection from pollution at the cost of circulating water supply system of dredges and use of geotextile filters with filler from zeolite for advanced wastes treatment. The scheme of circulating water supply based on creation of the backwater dams equipped with reliable antifiltrational protective means has given. The technology of application of the combined protection of a dam including simultaneous use of antifiltrational screen and curtain is proved. As a result of the conducted researches it is identified that the geotextile material «Dornit» is the most acceptable for the antifiltrational screen creation in backwater dam and the antifiltrational curtain needs to be carried out on the basis of mud grouting of dam by application of a powder technical sodium-carboxymethylcellulose (NaCKC) with the further alternate processing of rocks of wet dam slope by aqueous NaCKC's solution and three-chloride iron (FeCl₃). Three stages of purification of sewage and circulating waters are considered and are offered to implementation for decrease negative

ecological impact on watercourse: 1 — gravitational settling of coarse-particle particles in settler; 2 — physical and chemical purification of finely dispersed impurity with use of coagulants and flocculants; 3 — tertiary treatment of technological water on geotextile filters with filler from zeolite. The scheme of circulating water supply of dredges allows not only to reduce the content of pollutants of sewage and circulating waters to norms of maximum permissible concentrations and to bring them to a state close to background and the scheme also resolves issues of Environment and Natural Resource Management to decrease in filtrational losses of the polluted waters from settlers, improves conditions of mining and reduces amount of works on surface recultivation, reduces operational and technological losses of precious metal and in general increases efficiency of gold dust flushing.

Key words: gravel deposit, dragging, water supply system, suspended matters, geotextile filter, zeolite, purification and tertiary treatment of sewage and circulating waters.

DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-58-68

REFERENCES

1. Kostromin M.V., Dostovalov V.V. *Ratsional'naya tekhnologiya vodosnabzheniya i ochistki stochnykh vod pri drazhnoy razrabotke rossypey* [Rational technology of water supply and sewage treatment at dragging of gravel deposit], *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 1, pp. 22–26. [In Russ].
2. Oveshnikov Yu.M., Subbotin Yu.V. O glubokoy ochistke stochnykh i oborotnykh vod pri razrabotke mestorozhdeniy rossypnogo zolota [About deep purification of waste and circulating waters at mining of gravel deposit], *Gornyy zhurnal*. 2000, no 5, pp. 60–62. [In Russ].
3. Rashkin A.V., Avdeev P.B., Subbotin Yu.V. *Teplovaya i vodnaya podgotovka gornykh porod pri razrabotke merzlykh rossypey* [Thermal and water preparation of rocks at developing frozen gravel deposit], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2004, 353 p.
4. Subbotin Yu.V., Yakimov A.A. Sovershenstvovanie tekhnologii ochistki kar'ernykh vod na ob'ektakh rossypnoy zolotodobychi [Improvement of technology of purification of career waters on objects of gold gravel deposit], Kulaginskie chteniya: XVII mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya: collected papers. Part 1. Chita, ZabGU, 2017, pp. 186–194. [In Russ].
5. Subbotin Yu.V. Primenenie geotekstil'nykh materialov v tekhnologii ochistki stochnykh vod [Use of geotextile materials in technology of sewage treatment], *Vestnik ChitGU: collection of proceedings*. Chita, 2004, pp. 32–42. [In Russ].
6. Subbotin Yu.V., Oveshnikov Yu.M. Sovershenstvovanie sposobov ochistki stochnykh i oborotnykh vod [Improvement of ways of purification of waste and circulating waters], *Vestnik MANEB*. 1998, no 8, pp. 77–81. [In Russ].
7. Subbotin Yu.V., Rashkin A.V. Vodosnabzhenie, vodootvedenie i ochistka stochnykh vod pri gidromekhanizirovannoy razrabotke rossypey [Water supply, water disposal and sewage treatment at the hydromechanized development of gravel deposits], *Kompleksnoe osvoenie i ekologiya rossypnykh i morskikh mestorozhdeniy: collection of proceedings*. Moscow, 2004, pp. 125–130.
8. Subbotin Yu.V., Rashkin A.V., Gerasimov V.M., Oveshnikov Yu.M., Myazin A.V. Patent RU 2094085, MKP 6 V 01 D 21/00, 27. 10. 1997.
9. Subbotin Yu. V. Patent RU 2310711, MPK E 02 V 3/16, 20.11.2007.
10. Makarieva O., Nesterova N., Lebedeva L., Sushansky S. Water balance and hydrology research in a mountainous permafrost watershed in upland streams of the Kolyma River, Russia: a database from the Kolyma Water-Balance Station, 1948–1997, *Earth Syst. Sci. Data*, 10, 689–710, <https://doi.org/10.5194/essd-10-689-2018>, 2018.
11. Qu W., Bogaen H.R., Huisman J.A., Schmidt M., Kunkel R., Weuthen A., Schiedung H., Schilling B., Sorg J., Vereecken H. The integrated water balance and soil data set of the Rollesbroich hydrological observatory, *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 517–529, <https://doi.org/10.5194/essd-8-517-2016>, 2016.
12. Tian F., Hu H., Lei Z., Sivapalan M. Extension of the Representative Elementary Watershed approach for cold regions via explicit treatment of energy related processes, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 10, 619–644, <https://doi.org/10.5194/hess-10-619-2006>.
13. Oshima K., Ogata K., Park H., Tachibana Y.: Influence of atmospheric internal variability on the long-term Siberian water cycle during the past 2 centuries, *Earth Syst. Dynam.*, 9, 497–506, <https://doi.org/10.5194/esd-9-497-2018>, 2018.
14. Wada Y., Wisser D., Bierkens M.F.P. Global modeling of withdrawal, allocation and consumptive use of surface water and groundwater resources, *Earth Syst. Dynam.*, 5, 15–40, <https://doi.org/10.5194/esd-5-15-2014>, 2014.