

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология

Hydraulic engineering, hydraulics and engineering hydrology

Научная статья

УДК 626.823.45(470.63)

doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-25-34

Эффективные технические решения по строительству дополнительного водоема-отстойника для водоснабжения Заветненского группового водопровода в Ставропольском крае**Салигаджи Омарович Курбанов^{✉1}, Мухамед Нургалиевич Кокоев²,
Индира Руслановна Микитаева³**^{1,3}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030²Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова, ул. Чернышевского, 173, Нальчик, Россия, 360004^{✉1}05bereg@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5230-7053>²kbagrostroy@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-8967-6392>³diseconkbgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1299-7923>

Аннотация. При проектировании и реконструкции существующих систем водоснабжения водоемы-отстойники для первичной очистки воды, играют огромную роль. От эффективности работы отстойника зависит работа всей системы очистки и водоподготовки. В статье предлагаются эффективные технические решения по проектированию и строительству нового типа водоема-отстойника. Разработаны конструктивные и технологические решения по компоновке сооружений водоема и схемы промывки камеры отстойника. В концевой части камеры отстойника для промывки осажденных наносов предусмотрена новая технологическая схема из системы нанососборных и промывных лотков и трубопровода. На основе проведенных аналитических исследований приведен расчет параметров водоема-отстойника и осадения взвешенных наносов. По результатам расчета принятые размеры и отметки водоема-отстойника и трубчатого водосброса обеспечивают нормальную работу всего сооружения по первичной очистке от взвешенных мелких наносов, находящихся в мутной воде. В основании водоема уложенные и прикрепленные полотна геотекстиля в два слоя по всей площади дна обеспечивают нормальный режим заполнения и опорожнения водоема-отстойника без значительных фильтрационных потерь воды через его дно. Принятые технические решения по очистке и промывке камеры водоема-отстойника с помощью системы нанососборных и транспортирующих лотков и промывного трубопровода обеспечивают эффективный режим работы всего водоема-отстойника с очистными сооружениями.

Ключевые слова: водоем-отстойник, групповой водопровод, суточное водопотребление, горизонтальный отстойник, полезный объем, мертвый объем, трубчатый водосброс, взвешенные наносы, схема промывки, промывные лотки, медленные фильтры

Для цитирования. Курбанов С. О., Кокоев М. Н., Микитаева И. Р. Эффективные технические решения по строительству дополнительного водоема-отстойника для водоснабжения Заветненского группового водопровода в Ставропольском крае // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М.Кокова. 2023. № 4(42). С. 25–34. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-25-34

Original article

Effective technical solutions for the construction of an additional settling pond for the water supply of the Zavetnensky group water supply system in the Stavropol Territory

Saligadzhi O. Kurbanov^{✉1}, Mukhamed N. Kokoev², Indira R. Mikitaeva

^{1,3}Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

²Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, 173 Chernyshevsky Street, Nalchik, Russia, 360004

^{✉1}05bereg@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5230-7053>

²kbagrostroy@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-8967-6392>

³diseconkgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1299-7923>

Abstract. In the design and reconstruction of existing water supply systems, settling ponds for primary water treatment, play a huge role. The efficiency of the whole system of water treatment and purification depends on the efficiency of the settling pond. The article offers effective technical solutions for the design and construction of a new type of settling pond. Constructive and technological solutions for the layout of the reservoir structures and the scheme of the sedimentation chamber washing are developed. At the end of the settling pond chamber, a new technological scheme consisting of a system of sediment trays, flushing flumes and a pipeline is provided for washing the settled sediment. On the basis of the analytical studies carried out, the parameters of the settling pond and suspended sediment deposition are calculated. According to the results of the calculation, the adopted dimensions and marks of the settling pond and the tubular spillway ensure the normal operation of the entire structure for the primary treatment of suspended fine sediments in turbid water. At the base of the reservoir, laid and attached geotextile fabrics in two layers over the entire area of the bottom provide a normal mode of filling and emptying of the reservoir without significant filtration losses of water through its bottom. Technical solutions adopted for cleaning and flushing the chamber of the settling pond with the help of the system of sedimentation of collecting and conveying trays, and flushing pipeline, provide an effective mode of operation of the whole settling pond with treatment facilities.

Keywords: settling pond, group water supply, daily water consumption, horizontal settling pond, useful volume, dead volume, tubular spillway, suspended sediments, flushing scheme, flush flumes, slow filters

For citation. Kurbanov S.O., Kokoev M.N., Mikitaeva I.R. Effective technical solutions for the construction of an additional settling pond for the water supply of the Zavetnensky group water supply system in the Stavropol Territory. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):25–34. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-25-34

Введение. Объект строительства Заветненского группового водопровода находится на территории Кочубеевского муниципального округа Ставропольского края. В настоящее время действующая система водоснабжения Заветненского группового водопровода включает в себя водоем-отстойник,

очистные сооружения, состоящие из медленных фильтров и хлораторной. Однако они находятся в неудовлетворительном (ненадежном) эксплуатационном состоянии, не могут покрыть водопотребление группового водопровода даже на 50%. Кроме того, вода поступает в действующие очистные соору-

жения по изношенной и частично заиленной трубе из Невинномысского магистрального канала. В сложившихся критических условиях возникла серьезная необходимость в проектировании и строительстве нового водоема-отстойника с очистными сооружениями и резервуарами чистой воды.

В соответствии с техническим заданием для Заветненского группового водопровода требуется новый водоем-отстойник с емкостью 200,0 тыс. м³ [1, 2].

Местоположение нового водоема-отстойника выбрано на свободном (выделенном) земельном участке, расположенном с южной стороны старого водоема и с правой стороны эксплуатационной дороги. Площадь земельного участка более 6 га.

Водоем-отстойник предназначен для первичной очистки воды, поступающей из Невинномысского магистрального канала по напорному трубопроводу [3, 4].

Суточное водопотребление группового водопровода составляет $Q_{max} = 4000,0 \text{ м}^3/\text{сут} = 166,7 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0465 \text{ м}^3/\text{с} = 46,5 \text{ л/с}$.

В соответствии с требованиями Водного кодекса Российской Федерации поверхностная вода, используемая для водоснабжения, должна соответствовать гигиеническим требованиям¹ [3]. Максимальный объем забираемой воды из Невинномысского канала для заполнения водоема-отстойника Заветненского группового водопровода – 8,0 тыс. м³/сут. Минимальный объем забираемой воды из Невинномысского канала для заполнения водоема-отстойника Заветненского группового водопровода – 4,0 тыс. м³/сут. Максимальное значение показателя мутности воды – 600 мг/л, минимальное – 8 мг/л.

Максимальный расход, поступающий в водоем из Невинномысского магистрального канала по водозаборному трубопроводу, составляет $q = 0,092 \text{ м}^3/\text{с}$. Для заполнения водоема в объеме 200,0 тыс. м³ потребуется 28-30 суток (с учетом возможных фильтрационных потерь воды).

После заполнения водоема до уровня полезного объема (УПО) расход водопровода, поступающий в водоем, уменьшается до значений $q = 0,05 \text{ м}^3/\text{с} = 50 \text{ л/с}$. Этот расход обеспечивает поддержание уровня УПО на

расчетной отметке, так как забираемый из водоема в медленные фильтры расход воды составляет всего 46,5 л/с. Если объем воды накапливается в водоеме (превыш. УПО), происходит слив лишней воды через водосбросное сооружение, устроенное в водоеме.

Цель исследования – разработка эффективных технических решений по проектированию и строительству водоема-отстойника для первичной очистки от наносов воды, подаваемой в очистные сооружения системы водоснабжения группового водопровода.

Материалы, методы и объекты исследования. Для определения оптимальных размеров нового водоема-отстойника были проведены аналитические исследования по режиму заполнения и работы водоема как первичного (горизонтального) отстойника.

В соответствии с требованиями СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения, расчет водоема-отстойника выполняется по аналогии горизонтального отстойника, т. к. водоем работает как горизонтальный отстойник, т. е. очистка от мутной взвеси происходит под действием вертикальной скорости осаждения частиц взвеси² [4, 5].

По данным таблицы 11, вертикальная скорость осаждения частиц взвеси в отстойнике $V_0 = 0,5 \text{ мм/с}$. Средняя скорость движения воды в водоеме-отстойнике составляет всего 0,15 мм/с, так как максимальный забираемый расход из него составляет 46,5 л/с. Расчетная скорость горизонтального движения воды в начале отстойника по рекомендациям, $v = 10 \text{ мм/с}$.

Среднюю высоту зоны осаждения принимаем равной 3–3,5 м. Глубина мертвого объема (МО), в пределах которого происходит накопление осажденных наносов, принимаем 1,0–2,0 м, в начале отстойника 1,0 м, в конце – 2,0 м, средняя глубина МО 1,5 м. Средний уклон водоема-отстойника – $i = 0,0035$.

По рекомендациям³ длину отстойников L , м определяют исходя из скорости выпадения частиц взвеси с учетом высоты осаждения и

¹СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. 2000. 13 с.

²СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция. – Москва: Аналитик, 2012. 87 с.

³СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная версия СНиП 2.04.03-85. Москва: Минстрой России, 2019. 113 с.

максимальной мутности воды [6, 7]. По данным эксплуатации существующего водоема-отстойника максимально возможная мутность воды, поступающей из Невинномысского магистрального канала, составляет 500-600 мг/л, а минимальная 6-10 мг/л.

При максимальной мутности воды для ее очистки (осаждения) от мелкой взвеси необходимая длина отстойника составляет 250 м. С учетом площади выделенного земельного участка и с коэффициентом запаса 1,5 длина водоема-отстойника принята $L=370$ м, а ширина по основанию $B = 135$ м, средняя глубина отстойника $H_0 = 4,0$ м. План водоема-отстойника показан на рисунке 1.

Общий объем водоема-отстойника:

$$W_0 = (L + mH) \times (B + mH) \times H = \\ = (370 + 6) \times (135 + 6) \times 4 = 212000 \text{ м}^3$$

$m = 1,5$ – заложение откосов.

Принятые размеры водоема-отстойника удовлетворяют заданные условия технического задания, по которому требуется запроектировать водоем-отстойник с объемом (емкостью) 200000 м³. По принятым размерам эта емкость обеспечивается с достаточным запасом.

На рисунке 1 показан план нового водоема-отстойника с очистными и промывными сооружениями и устройствами.

На рисунке 2 показан фрагмент разреза по оси отстойника, где приведены расчетные отметки и глубины воды в камере водоема.

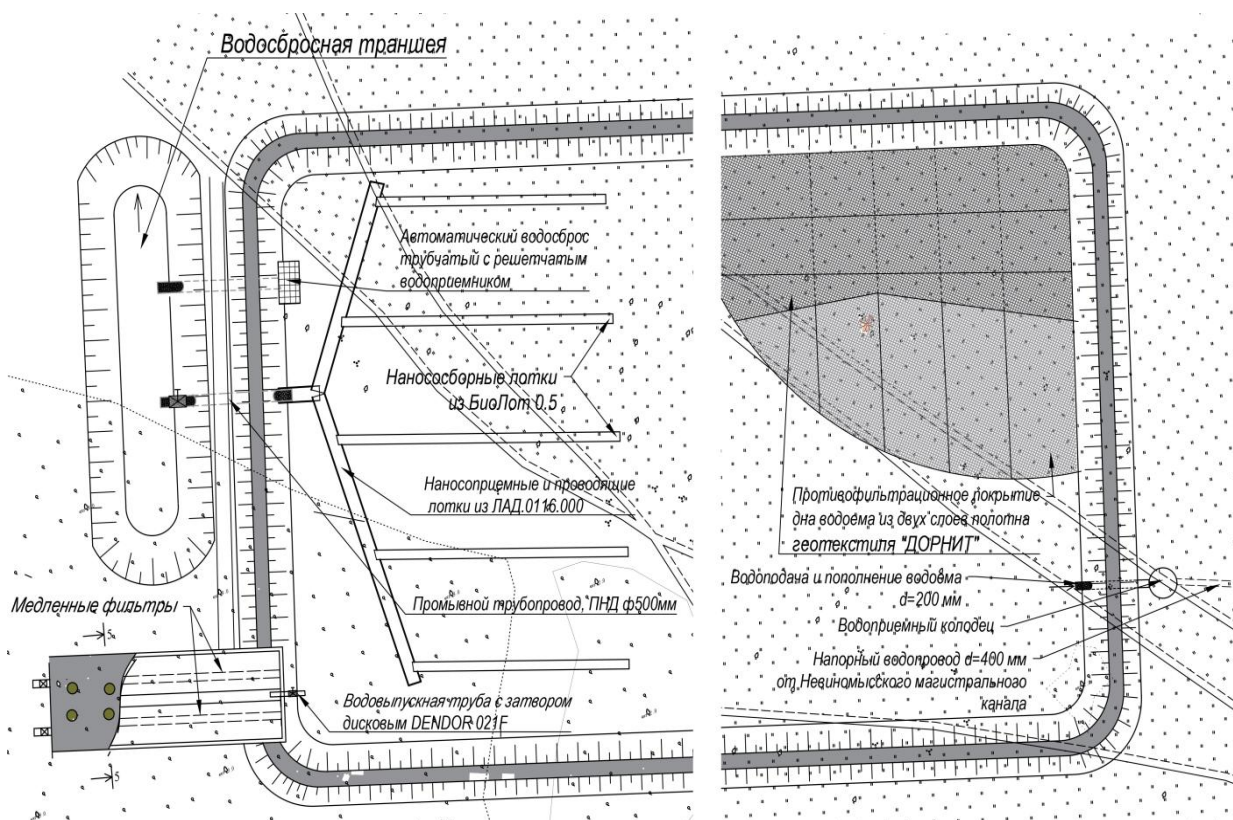


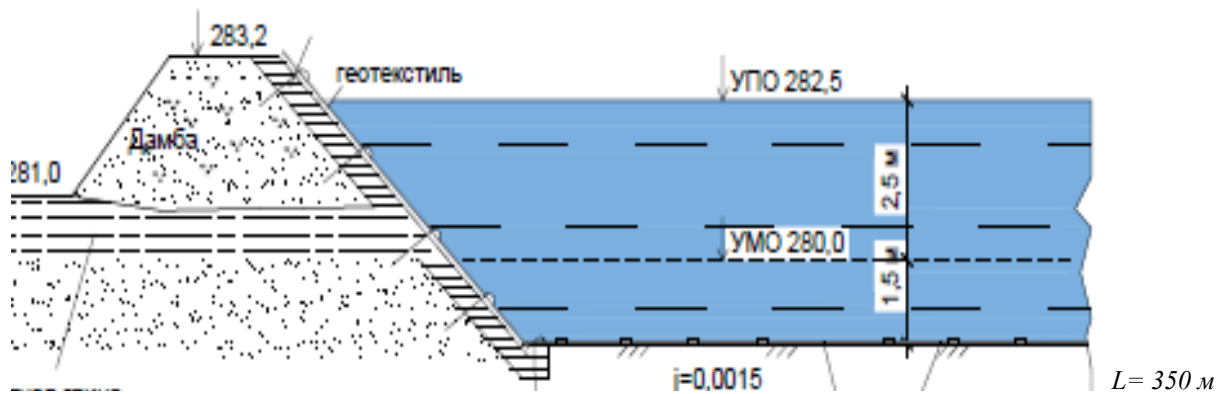
Рисунок 1. План водоема-отстойника с сооружениями
Figure 1. Plan of the settling pond with structures

Средняя глубина водоема $H_0 = 4,0$ м, из которой 1,5 м – глубина мертвого объема, а 2,5 м – глубина полезного объема.

Расчетные отметки уровня полезного объема (УПО) и мертвого объема (УМО) приняты из условия размещения водоема-отстойника на выделенном участке земли в

полувыемке и полунасыпи и с учетом заполнения его емкости при имеющемся напоре в водопроводе из Невинномысского магистрального канала.

Отметка УПО принята 282,5 м; УМО – 280,0 м.



Дамба с противодиффузионным экраном из глинистых грунтов

Противодиффузионное покрытие дна отстойника из 2-х слоев полотна геотекстиля марки «ДОРНИТ» (сверху пригруж. бетонными блоками)

Рисунок 2. Фрагмент сечения по оси водоема-отстойника
Figure 2. Fragment of a cross-section along the axis of the settling pond

Для сброса излишних вод и поддержания УПО в водоеме предусмотрено трубчатое водосбросное сооружение с открытым водоприемником в виде водоприемного лотка с решеткой, устроенного на отметке УПО = 282,5 м.

В качестве водоприемного лотка с решеткой, устроенного наверху водосбросной трубы, принят лоток водоотводной из нержавеющей стали А400 (оборудованный сверху решеткой), длиной 1000 мм и внутренней шириной 400 мм. По бокам лоток закрывается нержавеющей листом толщиной 2 мм.

Сброс излишних вод из водоема осуществляется в траншею сбросную (глубиной 5-5,5 м), устроенную за концевой частью водоема-отстойника с отметкой дна 275,5 м.

Основная часть водосброса выполнена из напорного трубопровода диаметром 0,3 м. Часть трубопровода, выходящая в траншею, располагается на отметке 276,8. Перепад уровней УПО – 276,8, составляет 5,7 м.

При этом напоре $Z=5,7$ м по формуле

$$Q = mw^2\sqrt{2gZ}$$

определяем необходимый диаметр сбросного трубопровода:

$$w = Q/m(2gZ)^{0,5} = 0,074 \text{ м}^2$$

$$d = 0,3 \text{ м} = 300 \text{ мм.}$$

По эксплуатационным данным максимальная мутность воды (500 – 600 мг/л), поступающей в водоем-отстойник, наблюдается в течение 10-12 дней и не более.

Если допустить, что в течение полугода (180 дней) будет наблюдаться максимальная мутность воды, поступающей в водоем, тогда отстойник будет обеспечивать необходимую очистку воды до мутности 10 мг/л. При этом объем задержанных взвешенных наносов составит $0,6 \times 5000 \times 180 = 540000$ кг = 540 т (около 400 м^3), который занимает только небольшую часть мертвого объема отстойника. А мертвый объем отстойника превышает 70000 м^3 .

На самом деле максимальная мутность воды, поступающей из Невинномысского канала, будет наблюдаться только в течение короткого периода. Поэтому для расчета мертвого объема водоема было принято среднее значение расчетной мутности в пределах 250 мг/л. При такой мутности мертвый объем будет заполняться в течение 5 и более лет.

Для расчета необходимого мертвого объема водоема-отстойника принято среднее значение расчетной мутности с запасом [5].

Результаты исследования и обсуждение. По результатам проведенных аналитических исследований определены основные размеры и расчетные отметки водоема-отстойника, а также принята схема промывки камеры отстойника с помощью полимерных нанососборных лотков и промывного трубопровода.

Принятые размеры и отметки водоема-отстойника и трубчатого водосброса обеспечивают нормальную работу всего сооруже-

ния по первичной очистке от взвешенных мелких наносов, находящихся в мутной воде, поступающей из Невинномысского магистрального канала.

Для гидравлического удаления осажденных и накопившихся наносов в отстойнике в основании концевой его части предусмотрена система наносопроводящих лотков и

промывной водовод. Промывной водовод монтируется вдоль дна по направлению оси водоема-отстойника с выходом наружу в сбросную траншею. Для этого используются напорные трубы ПНД водопроводные диаметром $\varnothing 500$ мм, толщина стенок 19,1 мм (рис. 3).

Дамба
4,0 м с глинист.экраном

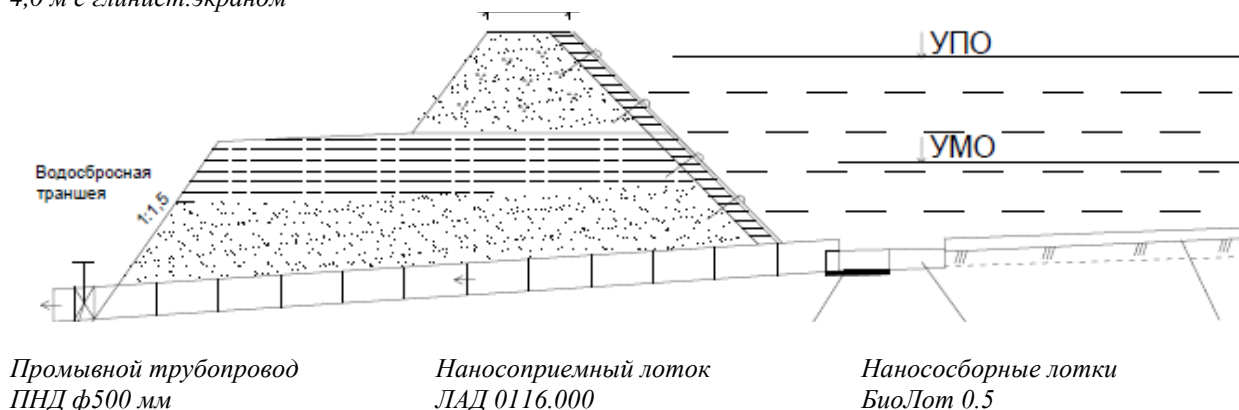


Рисунок 3. Фрагмент сечения водоема-отстойника по линии промывки наносов
Figure 3. Fragment of a cross-section of a settling pond along the sediment flushing line

К этому промывному водоводу (в конце дна отстойника справа и слева под углом 30 град) подведены по дну с уклоном 0,01 наносоприемные и проводящие лотки марки ЛАД.0116.000 (композитные дренажные лотки длиной по 3,1 м, шириной 0,6 м, высотой 0,3 м). К этим лоткам марки ЛАД в концевой части дна водоема примыкают нанососборные лотки марки БиоЛот 0,5 (длиной 4080 мм, шириной 550 мм и высотой 600 мм). Эти лотки укладываются длиной по 50-60 м и уклоном 0,005 вдоль дна отстойника на определенном расстоянии друг от друга, соединяются между собой (с образованием сплошных промывных лотков 5 шт.) с уклоном 0,005 в сторону и врезкой в лотки наносоприемные и проводящие. При этом продольные нанососборные лотки врезаются в стенки наносоприемных лотков (марки ЛАД) на высоте 5-10 см. Таких лотков (БиоЛот 0.5) уложены 3 штуки к левому наносоприемному лотку, а к правому – 2 штуки лотков (рис. 1). Концевые части наносоприемных и проводящих лотков (правого и левого) сопрягаются с промывным водоводом (трубой) с помощью такого же лотка ЛАД.0116.000 перед началом откоса водо-

ема. А в концевой части промывной трубы, выходящей в водосбросную траншею, предусматривается дисковый затвор диаметром 500 мм (затвор поворотный дисковый фланцевый чугунный dendor 021f, Россия) [6, 7].

На дне водоема-отстойника по всей площади укладывается большое полотно геотекстиля Дорнит (иглопробивной) плотностью 200 г/м², прочность материала 3-3,4 кН/м (рис. 1 и 2). Геотекстиль Дорнит с одной стороны хорошо пропускает воду, а с другой – слабо. Поэтому полотно геотекстиля укладывается в два слоя водопропускной стороной к низу, чтобы грунтовая вода снизу могла просачиваться в водоем при минимальных уровнях воды, сверху – чтобы вода не могла просачиваться через геотекстиль в грунты основания при максимальных уровнях воды в водоеме. Для этого рулоны геотекстиля Дорнит сшиваются в большие полотна (с помощью мягкой металлической проволоки $\varnothing 0,7-1$ мм), шириной по 20 м и длиной до 135-140 м. Сшитые полотна сворачиваются в большие рулоны (14-15 штук) шириной по 20 м. Эти большие рулоны полотна геотекстиля укладываются в 2 слоя, первый слой укладывается поперек дна водоема, со сто-

роны участка начал системы промывных лотков (от левобережного откоса до правобережного). При этом каждое последующее полотно перекрывает предыдущее на 0,5-1,0 м. Второй слой полотна геотекстиля укладывается сверху первого слоя и вдоль камеры отстойника (перпендикулярно к линиям 1 слоя). Сверху уложенного в 2 слоя полотна укладываются фундаментные бетонные блоки (полнотелые, 40×20×20 см), местами на расстоянии 10-15 м друг от друга над полотном, для его пригрузки и удержания на поверхности дна. Начальная часть полотна и концевая его часть прибиваются к основаниям откосов водоема с помощью металлических штырей длиной 50-70 см.

В концевой части дна водоема, где устроена система нанососборных и промывных лотков, также укладываются прошитые полотна геотекстиля в два слоя (по размерам расстояний между лотками и длины лотков) по всей площади с охватом части откосов и покрытой части дна. Все эти поверхности, покрытые полотном геотекстиля в 2 слоя, также местами пригружаются фундаментными блоками. А прибрежные (придонные) участки этих полотен прибиваются к откосам, также с помощью металлических штырей [8].

Уложенные и прикрепленные полотна геотекстиля в 2 слоя по всей площади дна водоема (с частичным охватом донных откосов водоема) обеспечивают нормальный режим заполнения и опорожнения водоема-отстойника без значительных фильтрационных потерь воды через его дно. При высоких уровнях воды в водоеме фильтрационный напор (разности уровней в водоеме и грунтовых УГВ) достигает 2-2,5 м, под действием которого будет частично просачиваться вода через дно в грунты основания. Но из-за того, что предусмотрено покрытие дна полотнами геотекстиля в 2 слоя, эти потери будут незначительными, т. к. два слоя геотекстиля уложены с маловодопроницаемой поверхностью сверху, в связи с чем через короткое время их структура забьется осаждаемым илом. В результате возможные фильтрационные потери воды будут минимальными (менее 100 м³ в сутки) и эти потери существенного влияния на режим работы водоема-отстойника не могут оказать,

т. к. поступающий в сутки объем воды в сооружение достигает 4,5-5 тыс. м³ воды. А суточное водопотребление группового водопровода составляет $Q_{\max.} = 4000,0 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Вместе с тем система лотков (продольных и наносопроводящих) с промывным водоводом под действием напора воды обеспечивают промывку (сброс) отложенных на дне отстойника (в пределах МО) наносов. Промывку наносов рекомендуется осуществлять 1-2 раза в течение года, для этого открывается затвор в конце промывного трубопровода и в течение 3-х часов под действием напора воды отложенные на дне наносы (перемешиваясь с водой в виде пульпы) будут промываться с расходом до 1,1 м³/с. Таким образом, в течение 3 часов могут быть промыты наносы объемом до 12000 м³.

Для полной промывки отложенных и накопившихся наносов по всей длине отстойника через 4-5 лет необходимо будет отключить отстойник на 28-30 дней, в течение которых можно обеспечить полную промывку накопившихся наносов гидравлическим способом и полное заполнение (заново) емкости водоема до расчетной отметки полезного объема (ПО). Количество воды, сбрасываемой из отстойника вместе с осадком, определено с учетом коэффициента разбавления, принимаемого 1,5 – при гидравлическом удалении осадка [9].

Полная очистка воды от мутных взвесей осуществляется с помощью медленных фильтров (МФ), устраиваемых за водоемом-отстойником [2, 10].

Медленные фильтры были первым типом фильтров, применявшихся в водопроводной практике. Достоинство – их весьма высокая степень осветления воды и высокий процент сдержки бактерий. Строительные нормы рекомендуют их использование при относительно малой мутности исходной воды (до 50 мг/л), цветности до 50 град и отсутствии коагулирования. В данном случае водоем-отстойник обеспечивает снижение мутности воды до 25 мг/л. Максимально возможная мутность воды, забираемая из водоема-отстойника в бассейн медленных фильтров, не превышает 20-25 мг/л. А скорость фильтрования на медленных фильтрах при содержании взвешенных веществ в исходной воде до 25 мг/л принимается равной 0,2 м/ч.

При столь малой скорости фильтрации медленные фильтры обеспечивают снижение мутности воды до 1,5 мг/л, которая допустима для воды питьевого водоснабжения.

Выводы. На основе проведенных исследований и расчетов принятые размеры и расчетные отметки водоема отстойника обеспечивают нормальный режим работы всех сооружений водоема по первичной очистке от взвешенных мелких наносов, находящихся в мутной воде, поступающей из Невинномысского магистрального канала.

Вместе с тем уложенные и прикрепленные полотна геотекстиля в 2 слоя по всей

площади дна водоема обеспечивают нормальный режим заполнения и опорожнения водоема-отстойника без значительных фильтрационных потерь воды через его дно.

Принятые технические решения по очистке и промывке камеры отстойника с помощью системы нанососборных и транспортирующих лотков и промывного трубопровода обеспечивают эффективный режим работы всего водоема-отстойника с очистными сооружениями. При этом повышается надежность работы и водообеспеченность Заветненского группового водопровода.

Список литературы

1. Алтунин В. С., Белавцева Т. М. Контроль качества воды: справочник. Москва: Колос, 1993. 365 с.
2. Бахтина И. А. Проектирование и расчёт очистных сооружений водопровода: учебное пособие. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. 257 с.
3. Дягилева А. Б. Основы проектирования природоохранных систем и сооружений. Часть 1. Требования к проектированию водоочистных сооружений: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. Санкт-Петербург, 2020. 92 с. ISBN 978-5-91646-202-9.
4. Водопроводные очистные сооружения. Часть 1. Методические указания. Волгоград: Изд-во ВГСХА, 2000. 87с.
5. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения: справочник / Б. Н. Репин, С. С. Запорожец, В. Н. Ереснов и др. / под ред. Б. Н. Репина. Москва: Высш. шк., 1995. 431 с.
6. Журавлева И. В. Проектирование сооружений для очистки городских сточных вод: механическая очистка и обработка осадков: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2022. ISBN 978-5-7731-1039-2.
7. Расчет сооружений для очистки сточных вод. Часть I: Методические указания / В. Г. Иванов, Н. Н. Павлова, О. Г. Капинос. Санкт-Петербург: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2006. 58 с.
8. Ищенко Ю. А. Явление и технология дельта-фильтрации природных и сточных вод. Волгоград: Изд-во Волгогр. гос. с.-х. акад., 1997. 215 с.
9. Кожин В. Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты: учебное пособие для вузов. Москва: ООО «БАСТЕТ», 2008. 304 с. ISBN 978-5-903178-09-4
10. Лозовой В. Н., Зуйкина Е. Н., Васильченко А. П. Рекомендации по проектированию и эксплуатации двухслойных медленных фильтров с гидравлической регенерацией фильтрующей загрузки. Новочеркасск: ФГНУ «РосНИИПМ», 2006. 31 с.

References

1. Altunin V.S., Belavtseva T.M. *Kontrol' kachestva vody: cpravochnik* [Water quality control: a reference book]. Moscow: Kolos, 1993. 365 p.
2. Bakhtina I.A. *Proyektirovaniye i raschot ochistnykh sooruzheniy vodoprovoda: uchebnoye posobiye* [Design and calculation of water treatment facilities: textbook]. Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2007. 257 p.
3. Dyagileva A.B. *Osnovy proyektirovaniya prirodookhrannykh sistem i sooruzheniy. Chast'1. Trebovaniya k proyektirovaniyu vodoochistnykh sooruzheniy: uchebnoye posobiye* [Fundamentals of designing environmental systems and structures. Part 1. Requirements for the design of water treatment facilities]: *uchebnoye posobiye. VSHTE SPb GUPTD*. Saint-Petersburg, 2020. 92 p. ISBN 978-5-91646-202-9.
4. *Vodoprovodnyye ochistnyye sooruzheniya. Chast' 1. Metodicheskiye ukazaniya* [Water treatment plants. Part 1. Guidelines]. Volgograd: Izd-vo VGSKHA, 2000. 87 p.

5. *Vodosnabzheniye i vodootvedeniye. Naruzhnyye seti i sooruzheniya: spravochnik* [Water supply and sanitation. External networks and structures: reference book] B.N. Repin, S.S. Zaporozhets, V.N. Eresnov [et al.]. Ed. B.N. Repin. Moscow: Vyssh. shk., 1995. 431 p.

6. Zhuravleva I.V. *Proyektirovaniye sooruzheniy dlya ochistki gorodskikh stochnykh vod: mekhanicheskaya ochistka i obrabotka osadkov* [Design of structures for urban wastewater treatment: mechanical treatment and sludge treatment]: *uchebno-metodicheskoye posobiye* [Elektronnyy resurs]. Voronezh: FGBOU VO "Voronezhskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet", 2022. ISBN 978-5-7731-1039-2.

7. Ivanov V.G. [et al.]. *Raschet sooruzheniy dlya ochistki stochnykh vod. Chast' I: Metodicheskiye ukazaniya* [Calculation of structures for wastewater treatment. Part I: Guidelines]. Saint-Petersburg: Peterburgskiy gos. un-t putey soobshcheniya, 2006. 58 p.

8. Ishchenko Yu.A. *Yavleniye i tekhnologiya del'ta-fil'trovaniya prirodnykh i stochnykh vod* [Phenomenon and technology of delta filtration of natural and waste waters]. Volgograd: Izd-vo Volgogr. gos. s.-kh. akad, 1997. 215 p.

9. Kozhinov V.F. *Ochistka pit'yevoy i tekhnicheskoy vody. Primery i raschety*. [Purification of drinking and industrial water]. *Uchebnoye posobiye dlya vuzov*. Moscow: OOO "BASTET", 2008. 304 p. ISBN 978-5-903178-09-4

10. Lozovoy V.N., Zuikina E.N., Vasilchenko A.P. *Rekomendatsii po proyektirovaniyu i ekspluatatsii dvukhsloynnykh medlennykh fil'trov s gidravlicheskoy regeneratsiyey fil'truyushchey zagruzki* [Recommendations for the design and operation of two-layer slow filters with hydraulic regeneration of the filter load]. Novocherkassk: FGNU "RosNIPM", 2006. 31 p.

Сведения об авторах

Курбанов Салигаджи Омарович – кандидат технических наук, доцент кафедры землеустройства и экспертизы недвижимости, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2067-1130, Scopus ID: 7006253868

Кокоев Мухамед Нургалиевич – доктор технических наук, профессор кафедры строительного производства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова», SPIN-код: 3666-5858, Scopus ID: 7801544555

Микитаева Индира Руслановна – кандидат экономических наук, доцент кафедры землеустройства и экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4219-0450

Information about the authors

Saligadzhi O. Kurbanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Real Estate Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2067-1130, Scopus ID: 7006253868

Mukhamed N. Kokoev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction Production, Kabardino-Balkarian State University named after. Kh. M. Berbekov, SPIN-code: 3666-5858, Scopus ID: 7801544555

Indira R. Mikitaeva – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4219-0450

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 13.11.2023;
одобрена после рецензирования 28.11.2023;
принята к публикации 08.12.2023.*

*The article was submitted 13.11.2023;
approved after reviewing 28.11.2023;
accepted for publication 08.12.2023.*