

УДК 638:358

В. Н. ЗАОСТРОВЦЕВ, И. А. МИНЯЕВА, М. М. СУХАНЕВИЧ (ОАО «Архангельскгеолдобыча»)
А. В. ГОРЕВ (ООО «Эколайн»)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ОЧИСТКИ СБРОСНЫХ ВОД ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА



В. Н. ЗАОСТРОВЦЕВ,
зам. генерального директора –
главный инженер



И. А. МИНЯЕВА,
ведущий
инженер



М. М. СУХАНЕВИЧ,
начальник
отдела экологии



А. В. ГОРЕВ,
зам. директора

Представлен крупномасштабный технико-технологический комплекс двухступенчатой очистки карьерных и поверхностных вод перед их сбросом в природный водоем рыбохозяйственного назначения. Достижение нормативной чистоты сбросов обеспечивается сочетанием механического и химического способов очистки. Производительность очистного комплекса составляет более 3,2 тыс. м³/ч сточных вод.

Ключевые слова: карьер, осушение, водоотлив, очистные сооружения, ступени очистки, коагулянты, флокулянты, отстойники, фильтры.

Разработка месторождения алмазов им. В. Гриба открытым способом осуществляется в весьма сложных гидрогеологических условиях, обусловленных наличием нескольких вскрываемых карьером водоносных горизонтов, близким расположением р. Кукомки, озер Волчье и Черное. Для защиты карьера от поверхностных и подземных вод построены сооружения по отводу р. Кукомки, дамба и перекачная станция на оз. Черном; в настоящее время завершается строительство дренажного контура водопонижающих скважин (ВПС). Это позволит обеспечить устойчивость бортов карьера и сократить в несколько раз водоприток непосредственно в карьер и, соответственно, объемы откачиваемых сбросных вод, требующих очистки.

На очистные сооружения карьерных и отвалных вод (ОСКиОВ) поступают воды из вскрытых карьером подземных горизонтов и поверхностные — осадки, выпадающие на площади карьера, отвалов вскрышных пород и сохраняемого растительного грунта. Из подземных горизонтов в карьер поступают фильтрационные «просоки» через дренажный контур ВПС. Воду по горизонтам собирают системой дренажных канав и направляют в водосборник (зумпф), расположенный на дне карьера. Из зумпфа воду откачивают насосными станциями по напорным полиэтиленовым трубопроводам на поверхность и далее по самотечному стальному коллектору воду подают на ОСКиОВ. Поверхностные талые воды с площади отвалов собирают по системе дренажных канав в водосборники, из которых насосными станциями по-

дают на ОСКиОВ. Поверхностные воды поступают на ОСКиОВ только в теплый период года, их объем определяется в основном интенсивностью атмосферных осадков.

В соответствии с проектом, сброс карьерных и поверхностных вод осуществляют в оз. Черное, которое является водоемом рыбохозяйственного назначения. В связи с этим загрязненные воды перед сбросом в водоем подлежат очистке до нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, установленных разрешением Росприроднадзора по Архангельской области по трем загрязняющим веществам: БПК_{полн}, взвешенные вещества и нефтепродукты (**см. таблицу**). Проектная производительность очистных сооружений определена, исходя из водопритоков в карьер, накопительных емкостей для сезонного сбора отвалных вод, и составила 3240 м³/ч.

Для обоснования и выбора оптимальных технико-технологических решений по очистке больших объемов сбросных вод при высоких концентрациях в них взвешенных веществ был привле-

Концентрации нормируемых загрязняющих веществ

Нормируемые вещества	Концентрации в водах, поступающих на ОСКиОВ	Допустимые концентрации, установленные разрешением на сброс загрязняющих веществ
Взвешенные вещества, мг/л	До 4600	6,95
БПК _{полн} , мг O ₂ /л	1,5–1,5	4,51
Нефтепродукты, мг/л	0,005–0,15	0,14

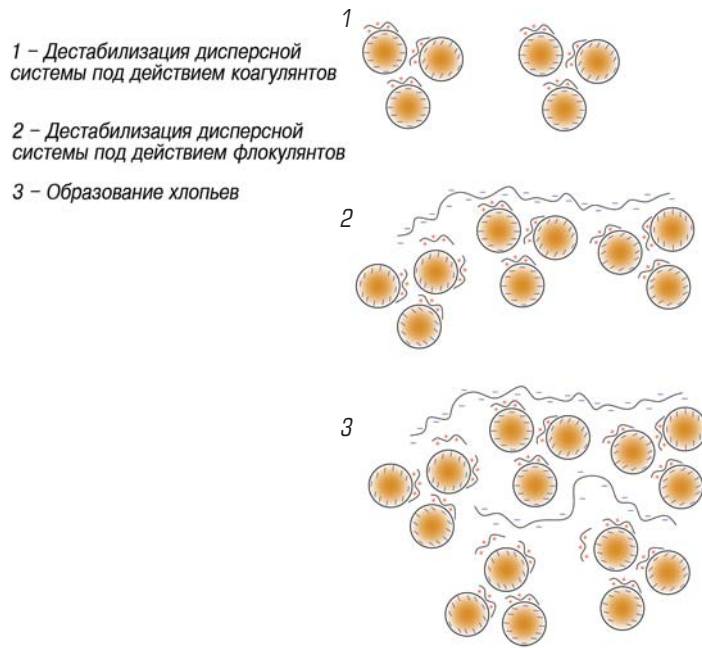


Рис. 1. Последовательность агрегации мелких частиц дисперсной фазы взвешенных веществ под воздействием коагулянтов и флокулянтов в процессе очистки загрязненных сбросных вод

чен проектный институт ООО «ВолгоградНИПИморнефть». В составе технико-экономического обоснования (ТЭО) рассмотрены три варианта технологии очистки сточных вод горного производства.

Первый вариант предусматривал применение только механических методов очистки. Схема цепи аппаратов включала гидроциклоны-сепараторы на I стадии очистки и самопромывные фильтровальные установки — на второй. Самопромывные дисковые фильтры предназначены для удаления из воды нерастворенных частиц. Фильтрующим элементом является пакет специальных дисков, изготовленных из полимерных материалов. На поверхности каждого диска нанесены канавки определенной глубины и ширины таким образом, что при сжатии двух соседних дисков между ними образуется объемная сетчатая структура, являющаяся рабочим фильтрующим элементом. Вода, проходя через пакет плотно сжатых дисков, очищается от находящихся в ней нерастворенных частиц. При промывке диски разжимаются, освобождая задержанные механические частицы, что позволяет легко их смыть. Система удаления осадка предусматривает его складирование в емкостях-накопителях, выполненных в виде котлованов в земле.

Второй вариант совмещал механические и химические способы очистки и включал в технологическую линию тонкослойные отстойники, напорные флотаторы и блоки ультрафильтрации. В устройстве отстойников предусмотрены тонкослойные модули для интенсификации процесса осаждения скоагулированных взвешенных частиц; их работа основана на разнице скоростей осаждения частиц и потока воды. Напорные флотаторы предназначены для задержания мелкодисперсных

взвешенных частиц; их работа основана на образовании мелких пузырьков воздуха в воде, при помощи которых происходит выделение и вынос в пену мелкодисперсных взвешенных веществ. Далее вода поступает на стадию ультрафильтрации, предназначенную для окончательного задержания мелкодисперсных взвешенных веществ. Обратную промывку ультрафильтрационных модулей проводят очищенной водой, реагентную промывку — периодически с использованием растворов гипохлорита натрия, серной кислоты и щелочи. Осадок, выделенный в процессе очистки, сгущают на ленточных сгустителях и вывозят в отвал вскрышных пород.

Третий вариант также совмещает механические и химические способы очистки. Технологическая линия включает механическое отстаивание в отстойниках под действием коагулянтов и флокулянтов с фильтрованием воды на сорбционных фильтрах. Осадок, выделенный в процессе очистки, обезвоживают на фильтрах-прессах и вывозят в отвал вскрышных пород.

Исходя из характеристики карьерных и отвалных вод (15 % взвешенных веществ имеют размер менее 15 мкм), принят физико-химический способ их очистки по третьему варианту технологии, который позволяет обеспечить:

- наиболее простое совмещение механических и химических способов очистки;
- низкое потребление электроэнергии (течение воды по всей системе идет самотеком);
- достижение требуемого качества очистки;
- оптимальный объем капитальных и эксплуатационных затрат;
- оптимальные строительные решения и сроки поставки оборудования и строительных работ.

В основе принятой технологии очистки сбросных вод лежат процессы коагуляции и флокуляции, т. е. образования агрегатов из мелких частиц дисперсной фазы, находящихся во взвешенном состоянии в жидкой среде (рис. 1). К коагулянтам относятся низкомолекулярные гидролизующиеся в воде электролиты, как правило, соли алюминия и железа, способные нейтрализовать заряд, присутствующий на поверхности взвешенных частиц, в результате чего при соударениях разнозаряженных частиц происходит их агрегация (укрупнение). Флокулянты образуют хлопья за счет связывания частиц полимерными мостиками без изменения электрических свойств дисперсной системы.

В связи с отсутствием водоочистных станций аналогичного масштаба и постепенным увеличением водопритоков в карьер по мере его углубления было принято решение о строительстве ОСКиОВ в три очереди производительностью по 1080 м³/ч каждая. Сначала была построена I очередь, по результатам пусконаладочных работ и эксплуатации которой в рабочую докумен-

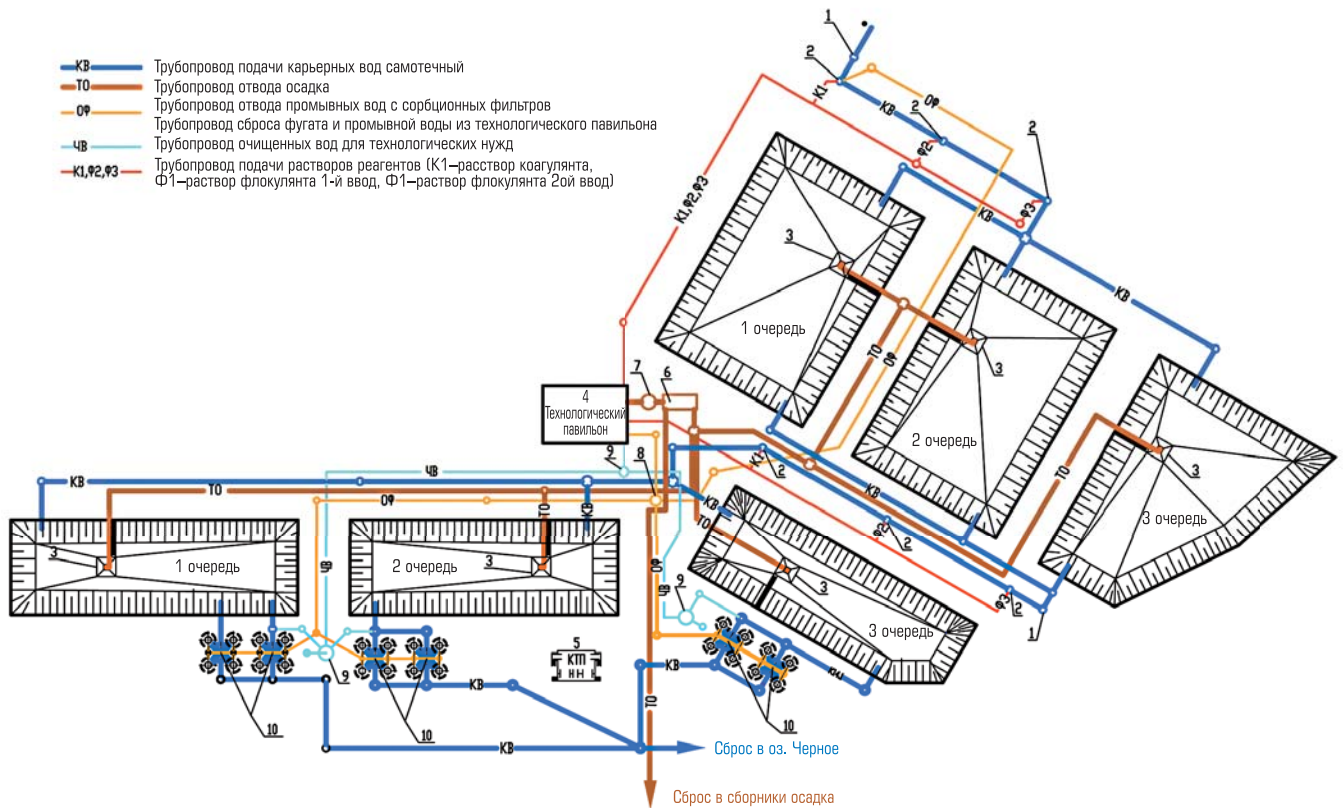


Рис. 2. Техно-технологический комплекс очистки сбросных вод горного производства на ГОКе им. В. Гриба:

1 — колодец с установленным расходомером и датчиком мутности; 2 — смеситель растворов реагентов с очищаемой водой; 3 — приямок с установленным насосом для откачки осадка; 4 — технологический павильон (приготовление растворов реагентов, обезвоживание осадка); 5 — трансформаторная подстанция; 6 — усреднительная емкость для сбора осадка; 7 — насосная станция подачи осадка на фильтр-пресс; 8 — насосная станция подачи промывной воды и фильтрата в «голову» ОСКиОВ; 9 — насосная станция подачи очищенных вод для технологических нужд; 10 — блок сорбционных фильтров

тацию было внесено множество дополнений и изменений, направленных на повышение эффективности, обеспечение надежности работы и качества очистки сбросов (рис. 2). Карьерные и отвалы воды поступают на очистные сооружения в самотечном режиме в общий коллектор. В «голове» ОСКиОВ установлен колодец с расходомером и анализатором взвешенных веществ 1, показатели этих приборов выведены в технологический павильон 4, где находится оператор и осуществляются приготовление растворов реагентов и их дозирование. Сигналы с датчика и расходомеров обрабатываются и поступают на насосы-дозаторы растворов реагентов, производительность которых автоматически устанавливается в зависимости от дебита сбросов и содержания в них взвешенных веществ. Производительность насосов дозаторов может регулироваться как в автоматическом, так и в ручном режиме. Обработанные реагентами воды далее распределяются на три потока. Вода поступает в резервуары-отстойники первой ступени вместимостью 5200 тыс. м³ каждый, где происходит образование рыхлых хлопьевидных скоплений и выпадение их в осадок. Эффективность первой ступени составляет 80 %. Гидроизоляция отстойников выполнена в виде геомембраны, соединенной сварными швами и закрепленной якорем.

Реагенты вводят и дозируют в трех точках 2 — К1, Ф3 и Ф3. Оптимальное число точек ввода реагентов и расстояние между ними (25 м), которое позволит обеспечить необходимое время действия коагулянта до ввода флокулянта и повторный ввод флокулянта, было подобрано опытным путем в процессе пусконаладочных работ I очереди.

После выхода из резервуаров-отстойников первой ступени очистки вода объединяется в общий коллектор с целью уменьшения точек ввода реагентов на второй ступени. Аналогично первой ступени реагенты вводят в три точки 2, обработанная реагентами вода поступает в резервуары-отстойники второй ступени (вместимостью 3500 м³ каждый), где происходит образование хлопьев и выпадение их в осадок. Эффективность второй ступени составляет 99,5–99,8 %. Удаление осадка из резервуаров-отстойников первой и второй ступеней очистки осуществляется погружными насосами 3 по напорным трубопроводам до усреднительной емкости 6 для сбора осадка.

На завершающем этапе для обеспечения нормативного качества очистки сбросов от тонкодисперсных взвешенных веществ и высокозумльгированных нефтепродуктов вода проходит глубокую доочистку на блоках сорбционных фильтров 10. Фильтр ФСБ-50 производства ООО «Эколайн» выполнен в ви-



Очистные сооружения карьерных и отвалных вод. Эксплуатация в зимний период

де вертикальной цилиндрической емкости диаметром 3000 мм из армированного стеклопластика. Каждый блок состоит из четырех фильтров. Сорбентом для удаления из воды растворенных органических веществ является активный уголь. Для промывки загрузки сорбционных фильтров к блоку доочистки подведен трубопровод; промывка фильтров осуществляется поочередно под напором. Грязную промывную воду сбрасывают в канализационный колодец и отводят в «голову» очистных сооружений.

В технологическом павильоне располагается оборудование для приготовления реагентов, оборудование комплекса по обезвоживанию осадка, склад реагентов и помещение для персонала. Для приготовления растворов реагентов принято оборудование фирмы ALEBRO Dosier-undUmwelttechnik (Германия), которое наилучшим образом зарекомендовало себя на целлюлозно-бумажных комбинатах и водоподготовительных станциях Архангельской области. Для приготовления раствора коагулянта для очистки карьерных и отвалных вод выбрана автоматическая двухкамерная установка с максимальной производительностью 2000 л/ч по готовому (7–10 %) раствору, с узлом растаривания биг-бэгов и станцией дозирования раствора коагулянта, укомплектованной двумя насосами для раздельного дозирования растворов — каждый в свою трубу на первую и вторую ступени очистки.

По результатам пусконаладки выбраны два вида коагулянтов: Аква Аурат 30 и гранулированный сульфат алюминия, поставляемые в однотонных биг-бэгах. Гранулированный сульфат алюминия показал плохую растворимость и в два раза больший расход, но с учетом разницы в ценах его использование экономически более эффективно. Для приготовления раствора из гранулированного сульфата алюминия при строитель-

стве II очереди в схему цепи аппаратов добавлен измельчитель. Для приготовления раствора флокулянта выбрана автоматическая трехкамерная установка максимальной производительностью 6000 л/ч по готовому (0,05–0,5 %) раствору, а также MixLine 7300–6000 с установками дополнительного разбавления и двумя станциями дозирования раствора флокулянта. Каждая станция укомплектована двумя насосами для раздельного дозирования растворов — каждый в свою трубу (по две точки) на первую и вторую ступени очистки. По результатам пусконаладки подобран флокулянт FLOPAM FO 4440 — катионный водорастворимый полимер. Химическое название — сополимер акриламида и триметиламмонийэтилакрилатхлорид. При средней производительности I очереди 550 м³/ч и мутности 1800 мг/л расход коагулянта на процесс осветления в настоящее время составляет 14 г/м³ (185 кг/сут), флокулянта — 2,7 г/м³ (21 кг/сут).

Для обезвоживания осадка, поступающего из отстойников-резервуаров, используют два комплекса SYG System в составе автоматической трехкамерной установки MixLine 7300-6000 приготовления раствора флокулянта; цилиндрического реактора CRV 500; фильтра для предварительного обезвоживания FPD 2000; ленточного пресса NP 20. Установка для приготовления раствора флокулянта MixLine 7300-6000 максимальной производительностью 2000 л/ч по готовому (0,05–0,5 %) раствору с установками дополнительного разбавления и станцией дозирования оснащена двумя насосами для раздельного дозирования растворов на каждый фильтр-пресс. Расход флокулянта на обезвоживание осадка в настоящее время составляет 1,2–2 кг/т сухого вещества осадка.

Реактор представляет собой цилиндрическую вертикальную емкость с мешалкой, в которую подают осадок из усреднитель-

а



б



Первая очередь очистных сооружений карьерных и отвалных вод первой (а) и второй (б) ступеней очистки

ной емкости и раствор флокулянта. После их смешения осадок, связанный флокулянт, попадает в фильтр предварительного обезвоживания, представляющий собой горизонтально расположенный цилиндр, внутри которого установлен второй, вращающийся вокруг своей оси цилиндр, выполненный из сетчатого материала. Осадок влажностью 87 % попадает во второй цилиндр, где при постоянном перемешивании под действием гравитационных сил происходит его предварительное обезвоживание. Далее предварительно обезвоженный до 84–86 % осадок поступает на фильтр-пресс, принцип действия которого заключается в механическом отжиме осадка под действием давления между согласованно движущимися через обжимные барабаны сетками. Осадок под действием силы тяжести равномерно распределяется по нижней сетке, на которой проходит I этап обезвоживания. Затем осадок помещается между двумя сетками, полотна проходят через зону сжатия, образуемую давлением валиков. Сетки постоянно промываются водой под давлением через системы форсунок и периодически — дополнительным насосом высокого давления. Обезвоженный осадок снимается скребками с поверхности сеток и поступает в накопительный бункер. Из бункера кек влажностью 50–55 % шнековым насосом выгружают в самосвал и вывозят в отвал вскрышных пород.

С целью определения и подтверждения класса опасности образующегося осадка проведены исследования в аккредитованной лаборатории: определение компонентного состава отхода, измерения загрязняющих веществ в отходах, биотестирование водной вытяжки из отхода. По итогам исследований получен протокол расчета класса опасности отхода. В соответствии с ФЗ № 89 «Об отходах производства и потребления», осадку присвоен V класс опасности — практически неопасные отходы,

что позволяет размещать его в отвалах вскрышных пород без дополнительных мероприятий и лицензирования.

Библиографический список

1. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. — М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000.
2. Об охране окружающей среды : федер. закон Рос. Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 дек. 2001 г.; одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 26 дек. 2001 г. // Российская газета. — 2002. — 12 янв.
3. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. — М. : Госстрой СССР, 1986.
4. Туровский И. С. Осадки сточных вод. Обезвоживание и обеззараживание. — М. : ДеЛи принт, 2008. — 376 с.
5. Алексеев Е. В. Физико-химическая очистка сточных вод. — М. : Ассоциация строительных вузов, 2007. — 248 с.
6. Кривошеин Д. А., Кукин П. П., Лапин В. Л., Пономарев Н. Л., Сердюк Н. И., Фетисов А. Г. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков : учеб. пособие для вузов. 2-е изд. — М. : Высшая школа, 2008. — 344 с. **ГЖ**

*Заостровцев Виктор Николаевич,
e-mail: VZaostrovstsev@agd.lukoil.com
Миняева Ирина Анатольевна,
e-mail: IMinyeva@AGD.lukoil.com
Суханевич Марина Михайлова,
e-mail: MSukhanevich@AGD.lukoil.com
Горев Алексей Владимирович,
e-mail: gorev@ecso.ru*

TECHNOLOGICAL COMPLEX OF PURIFICATION OF RETURN MINING WATERS

Zaostrovstsev V. N.¹, Deputy Chief Executive Officer — Chief Engineer
Minyeva I. A.¹, Leading Engineer, e-mail: IMinyeva@AGD.lukoil.com
Sukhanevich M. M.¹, Head of Ecological Department
Gorev A. V.², Deputy Executive Officer

¹ «ArkhangelskgeolDobycha» JSC (Arkhangelsk, Russia)

² «Ekolayn» LLC (Tolyatti, Russia)

The article describes the large technique-and-technology complex for two-stage treatment of the open pit mine water and surface water prior to the water discharge to a natural water body of commercial fishing importance. The open pit and dump water treatment plants take underground water from opencast levels and surface waters of atmospheric fall in the area of the open pit mine, overburden dumps and the conserved vegetable soil pile. The open pit mine also receives water breakthroughs of the perimeter line of dewatering wells. On the open pit mine levels, water is caught in the system of drain trenches and forwarded to a water sump on the open pit bottom. The water is pumped from the water sump to the surface by pressure polyethylene pipes and then is fed to the treatment plant by a gravity-flowing steel collecting canal.

The substantiation and selection of optimized engineering and process design solutions on purification of high-cube discharge water with high concentration of suspended solids was accomplished by the "VolgogradNIPImorneft" Design Institute. Based on the characteristics of the open pit and dump water (15% of suspended solids are smaller than 15 µm), the physicochemical purification method was accepted for the open pit mine discharge water, that allows for: the simplest combination of mechanical and chemical methods of water treatment; the low energy consumption (gravity flow of water in the whole purification circuit); the required purification quality; the optimized amount of capital and operating costs; the optimized construction solutions as well as equipment delivery and construction periods.

The accepted discharge water purification technology is based on coagulation and flocculation, i.e., aggregation of dispersed suspended solids in liquid medium. The discharge water purification complex capacity is 3.2 thou m³/h.

Key word: open pit mine, dewatering, water drainage, treatment plants, purification stages, coagulants, flocculants, settlers, filters.

REFERENCES

1. SanPIN 2.1.5.980-00. *Gigienicheskie trebovaniya k okhrane poverkhnostnykh vod* (Sanitary Rules and Regulations 2.1.5.980-00. Hygienic requirements to protection of surface waters). Moscow : Federal Center of Russian Federation Oversight Committee for Sanitation and Epidemiology of Russian Ministry of Health, 2000.
2. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, January 12, 2002. Available at: <http://www.rg.ru/2002/01/12/oxranasredy-dok.html>
3. *SNiP 2.04.03-85. Kanalizatsiya. Naruzhnyye seti i sooruzheniya* (Sanitary rules and regulations 2.04.03-85. Canalization. External networks and buildings). Moscow : USSR State Committee for Construction, Architectural and Housing Policy, 1986.
4. Turovskiy I. S. *Osadki stochnykh vod. Obvezozhivanie i obezrazhivanie* (Wastewater mud. Dehydration and disinfection). Moscow : DeLi print, 2008, 376 p.
5. Alekseev E. V. *Fiziko-khimicheskaya ochistka stochnykh vod* (Physical-chemical purification of sewages). Moscow : Association of Construction Universities, 2007, 248 p.
6. Krivoshein D. A., Kukin P. P., Lapin V. L., Ponomarev N. L., Serdyuk N. I., Fetisov A. G. *Inzhenernaya zashchita poverkhnostnykh vod ot promyshlennykh stokov : uchebnoe posobie dlya vuzov. 2-oe izdanie* (Engineering protection of surface waters from industrial effluents : tutorial for universities. Second edition). Moscow : Vysshaya shkola, 2008, 344 p.