

УДК 628.315.2

А.В. КРУГЛИКОВА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЧЕТА  
ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ**

Выполнено обследование функционирующих очистных сооружений канализации с крупной производительностью, проанализированы данные лабораторно-производственного контроля. Выявлено, что при относительно хорошем техническом состоянии комплексов ухудшается качество очищенных стоков: в холодный период года из-за снижения температуры сточной жидкости в открытых сооружениях на 1,5–4,6 °С, а в теплый период года из-за повышения температуры в основном за счет тепла солнечной радиации. В результате исследования определено влияние природно-климатических факторов района размещения данного комплекса на изменение температуры сточной жидкости в открытых сооружениях канализации и совершенствование процесса учета указанных факторов, направленных на повышение эффективности, при эксплуатации очистных сооружений канализации.

**Ключевые слова:** первичные отстойники, аэротенк, климатические факторы, эффективность, вторичные отстойники, температура.

DOI 10.32683/0536-1052-2019-732-12-56-63

**Постановка задачи.** Многолетняя практика эксплуатации очистных сооружений канализации (ОСК) показала, что качество очищенных стоков ухудшается, как правило, в зимний период, когда температура сточной жидкости опускается ниже проектной. Между тем в соответствии со СНиП 2.04.03–85 «Канализация. Наружные сети и сооружения» в качестве расчетной при проектировании ОСК применяется среднегодовая температура сточной жидкости, поступающей в приемную камеру сооружений. В действительности эта температура всегда выше средней за холодный период.

В различных источниках [1–6] отмечается влияние температуры сточной жидкости на расчетные параметры основных сооружений (первичных и вторичных отстойников, а также аэротенков). Однако ни в одном из них не указывается влияние климатических факторов на изменение температуры сточной жидкости в открытых сооружениях и влияние этого изменения на эффективность очистки стоков. Также в ряде статей отмечается, что сооружения биологической очистки, рассчитанные по существующим методикам, работают недостаточно эффективно [7–9]. По нашему мнению, причиной этого является изначально некорректная расчетная температура сточной жидкости.

Кроме того, при лабораторно-производственном анализе качества стоков концентрации примесей в них нередко превышают предельно допустимые. Встает вопрос: в результате чего возникает такая ситуация?

© Кругликова А.В., 2019

Все очистные сооружения канализации делятся на две большие группы: закрытого и открытого типа, каждая из которых имеет соответствующую производительность. В данной работе рассматриваются только очистные сооружения открытого типа производительностью, тыс. м<sup>3</sup>/сут:

сверхкрупные	свыше 600
крупнейшие	200–600
крупные	40–200
средние	4–10
малые	0,1–1

Для ответа на поставленный вопрос из всего многообразия открытых ОСК в качестве объектов исследования были взяты ОСК крупной производительности с количеством поступающих стоков 40–200 м<sup>3</sup>/сут согласно ИТС 10–2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов».

При изучении вопроса влияния климатических факторов было установлено, что сооружения меньшего объема и с меньшей производительностью подвергаются более существенному их влиянию, и потери в них наиболее значимы. Но так как таких сооружений значительно меньше на территории Российской Федерации, то в данном исследовании они не рассматривались. И более того, они представляют предмет отдельного исследования.

К сооружениям крупной производительности относятся, такие как ОСК г. Искитим (Новосибирская область), г. Белово (Кемеровская область), г. Томск, г. Рубцовск (Алтайский край), пос. Энергетик, г. Братск (Иркутская область), г. Канск (Красноярский край), г. Мурманск, г. Зеленоград (Московская область), ОСК-2 г. Краснодар, северная станция аэрации г. Екатеринбург, г. Владивосток.

Изучению ОСК крупной производительности предшествовала работа по оценке эффективности в зависимости от природно-климатических факторов для станций аэрации, которые согласно ИТС 10–2015 классифицируются как крупнейшие станции с количеством поступающих стоков от 200 до 600 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Это ОСК Новосибирска, Юго-Западная станция Санкт-Петербурга, Тюмени, Омска, Воронежа, Нижнего Новгорода и др. [10]. Полученные данные по таким сооружениям показали, что на них климатические факторы оказывают влияние в меньшей степени. Это объясняется большей теплоемкостью канализационных сетей и сооружений.

Так как исследуемые объекты крупной производительности являются сооружениями открытого типа, то в первую очередь на их эксплуатацию влияют внешние факторы, а именно природно-климатические.

Более детальному исследованию в качестве объекта для изучения влияния климатических параметров на качество сточной жидкости в ходе очистки был подвергнут комплекс ОСК Искитима. Он представляет интерес тем, что находится в неустойчивых климатических условиях, как и другие выше перечисленные объекты ОСК указанной производительности (рис. 1).

Комплекс расположен в зоне континентального климата с параметрами, согласно СП 131.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-01-99 “Строительная климатология”»: абсолютная минимальная температура воз-

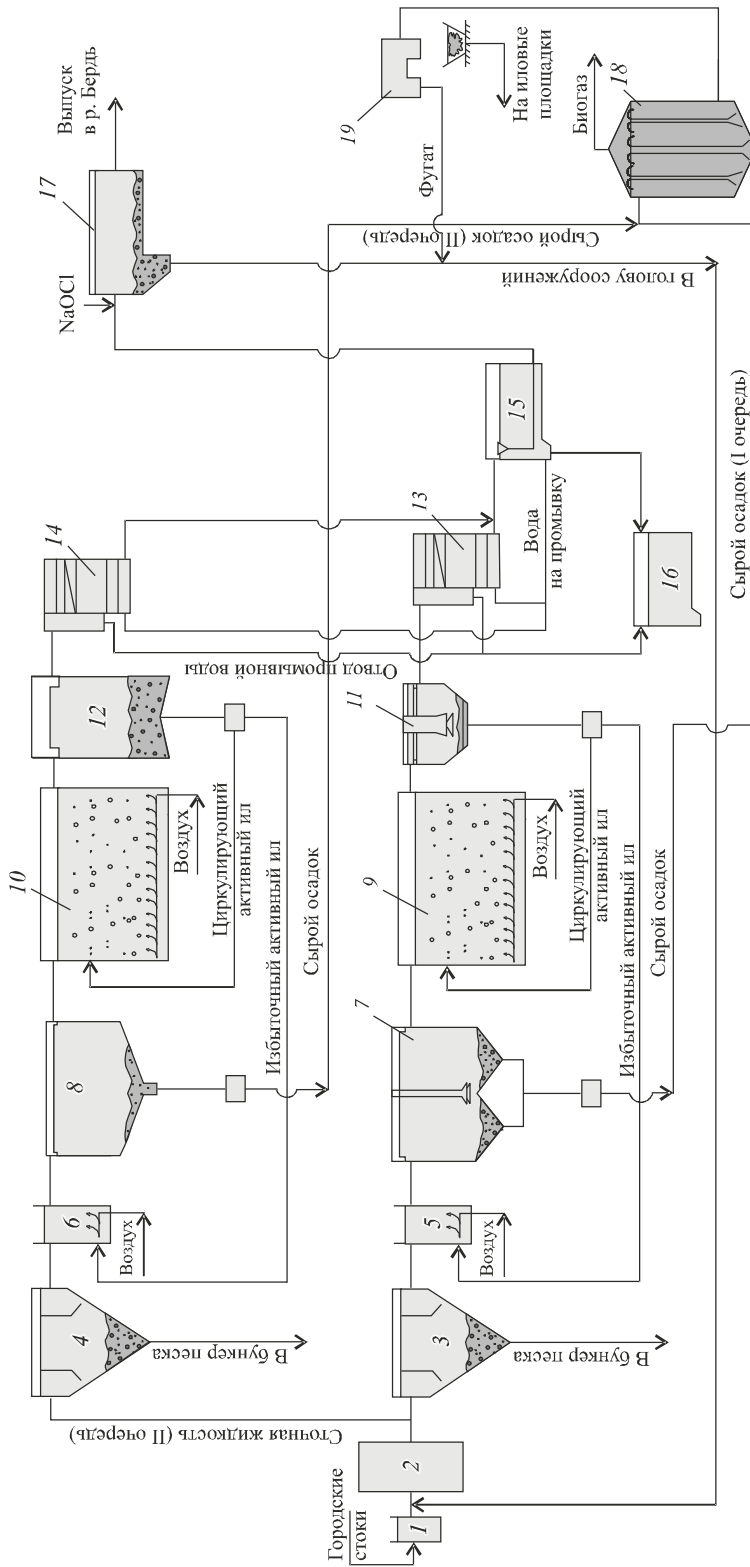


Рис. 1. Схема очистных сооружений канализации Искитима

1 – камера гашения напора; 2 – здание коммутаторов; 3 – песколовка (I очередь); 4 – песколовка (II очередь); 5 – преаэратор (I очередь); 6 – преаэратор (II очередь); 7 – первичные вертикальные отстойники (I очередь); 8 – первичные радиальные отстойники (II очередь); 9 – аэротенки двухкоридорные (I очередь); 10 – аэротенки трехкоридорные (II очередь); 11 – вторичные вертикальные отстойники (I очередь); 12 – вторичные радиальные отстойники (II очередь); 13 – фильтры щебеночные (I очередь); 14 – фильтры песчаные (II очередь); 15 – резервуар чистой воды; 16 – резервуар грязной воды; 17 – контактный резервуар (I и II очередь); 18 – метантенки; 19 – центрифуга

духа  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; абсолютная максимальная температура воздуха  $+37$ ; температура воздуха наиболее холодной пятидневки  $-37$ ; температура воздуха наиболее холодных суток  $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Площадь открытой поверхности рассматриваемого объекта составляет 32 % от общей площади, занимаемой комплексом.

Целью данной работы является совершенствование учета влияния природно-климатических факторов при эксплуатации ОСК крупной производительности на эффективность их работы и повышение качества сточной жидкости.

**Результаты исследования.** Для изучения степени влияния природно-климатических факторов (температура наружного воздуха, атмосферное давление, скорость ветра и относительная влажность) проводился сбор данных на указанном объекте при различных климатических параметрах с целью определения температуры сточной жидкости в первичных отстойниках, аэротенках и вторичных отстойниках. Перечисленные параметры фиксировались с помощью прибора TESTO-905 T1 и TESTO 410-2. Для полноты исследования и получения данных в динамике об изменении температуры стоков замеры проводились в течение выбранного дня через каждые два часа в течение нескольких лет и охватывали все сезоны года.

В таблицу сведены данные замеров сточной жидкости в первичных отстойниках, аэротенках и вторичных отстойниках по первой очереди сооружений при температуре наружного воздуха от  $-27,0$  до  $+26,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , относительной влажности воздух от 37 до 75 %, скорости ветра от 1 до 6 м/с и атмосферном давлении от 755 до 760 мм рт. ст.

Как видно из таблицы, температура сточной жидкости, проходящей первичные отстойники, аэротенки и вторичные отстойники в зимний период при температуре  $-27,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , снижалась на  $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а летом при температуре наружного воздуха  $+26,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  повышалась на  $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Результаты статистических данных, полученные на ОСК Искитима**

Время замера, ч	Температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Скорость ветра на высоте 2 м, м/с	Относительная влажность, %	Атмосферное давление, мм рт. ст.	Температура сточной жидкости, $^{\circ}\text{C}$
<i>Точка на выходе из первичного отстойника</i>					
10.00	$-27,0 - +23,4$	1,0–4,0	70,0–40,0	760,0–755,0	11,4–20,3
12.00	$-25,0 - +24,6$	2,0–5,0	75,0–38,0	760,0–755,0	10,6–20,4
14.00	$-26,0 - +26,0$	2,0–6,0	75,0–37,0	760,0–755,0	10,1–20,7
<i>Точка на выходе из аэротенка</i>					
10.00	$-27,0 - +23,4$	1,0–4,0	70,0–40,0	760,0–755,0	10,5–21,1
12.00	$-25,0 - +24,6$	2,0–5,0	75,0–38,0	760,0–755,0	10,1–21,0
14.00	$-26,0 - +26,0$	2,0–6,0	75,0–37,0	760,0–755,0	9,8–21,3
<i>Точка на выходе из вторичного отстойника</i>					
10.00	$-27,0 - +23,4$	1,0–4,0	70,0–40,0	760,0–755,0	9,5–20,9
12.00	$-25,0 - +24,6$	2,0–5,0	75,0–38,0	760,0–755,0	9,3–20,7
14.00	$-26,0 - +26,0$	2,0–6,0	75,0–37,0	760,0–755,0	9,1–21,8

Так, при расчете ОСК по общепринятым формулам для первичных отстойников [11–14], аэротенков [15–17] и вторичных отстойников и принятой температуре сточной жидкости для зимы +13 °С, для лета +20 °С, с количеством поступающего стока на сооружения первой очереди 12 тыс. м<sup>3</sup>/сут, концентрацией взвешенных веществ 160 мг/л и БПК<sub>полн</sub> 219 мг/л, эффект осветления сточной жидкости в первичном отстойнике достигает 26 %, фактический вынос взвешенных веществ из сооружения 118,4 мг/л.

При полученном эффекте БПК<sub>полн</sub> сточной жидкости, которая поступает на биологическую очистку, равен 189,99 мг/л. При таком значении время нахождения в аэротенке составляет 2,25 ч, а в регенераторе 8,01 ч. Вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников составляет 20,17 мг/л. При расчете выноса не учитывается температура сточной жидкости, которая находится в сооружении. Изменение качества иллюстрируется на рис. 2.

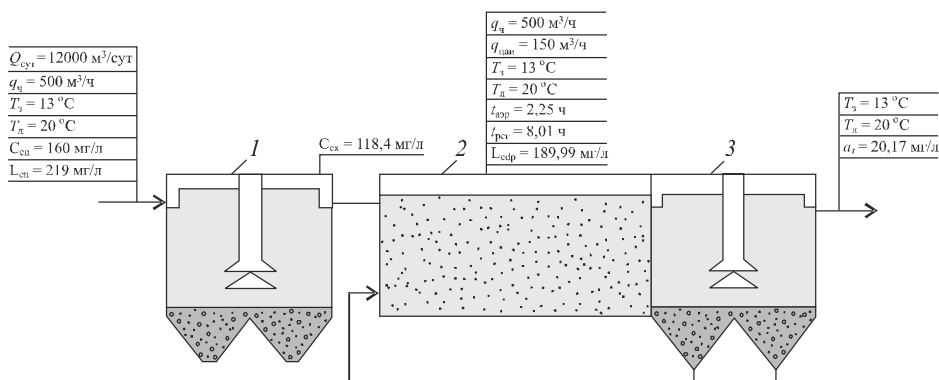


Рис. 2. Блок сооружений ОСК Искитима, рассчитанный на проектную температуру  
 1 – первичный отстойник; 2 – аэротенк-регенератор; 3 – вторичный отстойник

Расчет очистных сооружений канализации при тех же исходных данных по количеству и качеству сточной жидкости, с учетом изменения температуры сточной жидкости при прохождении ее через эти сооружения производился также по общепринятым формулам. Для вторичных отстойников принималась в расчете откорректированная формула СНиП 2.04.03–85, в которую был добавлен коэффициент, учитывающий температуру стоков. Так, для первичных отстойников была принята температура поступающего стока равная +20,7 °С. При данной температуре фактический эффект осветления составил 30,9 %, а вынос взвешенных веществ равен 110,56 мг/л. При полученном эффекте осветления сточная жидкость, которая поступает в аэротенк-регенератор, имеет концентрацию БПК<sub>полн</sub> 184,39 мг/л. При полученной концентрации и уже изменившейся температуре иловой смеси до 21,3 °С время нахождения иловой смеси в аэротенке составит 1,36 ч, а в регенераторе циркулирующий активный ил будет находиться 4,7 ч.

Вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников с учетом температуры сточной жидкости, которая находится в данный момент в сооружении, а именно 21,8 °С, составил 9,96 мг/л. Полученные данные по изменению качества приведены на рис. 3.

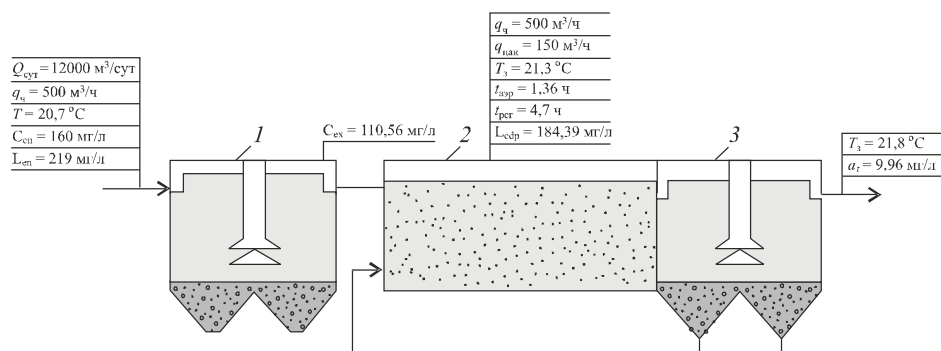


Рис. 3. Блок сооружений ОСК Искитима, рассчитанный с учетом изменения температуры сточной жидкости по ходу ее движения  
 1 – первичный отстойник; 2 – аэротенк-регенератор; 3 – вторичный отстойник

Согласно полученным данным в результате расчетов по двум вариантам, видно, что изменение температуры сточной жидкости в сооружениях влияет на ее качество.

**Закключение.** Предлагается при расчете очистных сооружений канализации использовать температуру с учетом ее изменения по ходу очистки. Данные условия позволят оценивать качество сточной жидкости более достоверно, что будет способствовать более эффективному прогнозированию работы станций при любых изменениях климатических факторов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эль М.А., Эль Ю.Ф., Вебер И.Ф. Наладка и эксплуатация очистных сооружений городской канализации. М.: Стройиздат, 1977. 281 с.
2. Евилевич М.А., Брагинский Л.Н. Оптимизация биохимической очистки сточных вод. Л.: Стройиздат, 1979. 16 с.
3. Колобанов С.К., Ершов А.В., Кигель М.Е. Проектирование очистных сооружений канализации. Киев: Будивельник, 1977. 221 с.
4. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. М.: Стройиздат, 1977. 303 с.
5. Найденко В.В. Оптимизация процессов очистки природных и сточных вод. М.: Стройиздат, 1984. 152 с.
6. Шеломков А.С., Шеломков С.А. Руководство по проектированию канализационных очистных сооружений городских сточных вод и близких к ним по составу сточных вод промышленных предприятий. М.: ОАО «МосводоканалНИИ-проект», 2014. 406 с.
7. Эпов А.Н., Канунникова М.А. Сравнение методик расчета сооружений с биологическим удалением азота и фосфора и применение математического моделирования // Вода и экология: проблемы и решения. 2016. № 1. С. 3–14.
8. Эпов А.Н., Канунникова М.А. Сравнение методик расчета сооружений с биологическим удалением азота и фосфора и применение математического моделирования // Вода и экология: проблемы и решения. 2016. № 2. С. 65–80.
9. Бартова Л.В., Авдеева М.А., Луферчик Я.С. Определение продолжительности обработки сточных вод в аэротенках по различным методикам // Вестн. ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2018. Т. 9, № 3. С. 99–107.
10. Амбросова Г.Т., Кругликова А.В. Влияние природных условий на эффективность работы очистных сооружений канализации // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. № 4. С. 3–12.

11. И т к и н А.Л. Исследования по очистке сточных вод // Сборник трудов Московского инженерно-строительного института им. В.В. Куйбышева. 1970. № 66. С. 92–99.
12. К а л и ц у н В.И., К е д р о в В.С., Л а с к о в Ю.М., С а ф о н о в П.В. Гидравлика, водоснабжение и канализация. М.: Стройиздат, 1980. 359 с.
13. K ö s t e r S t e p h a n. Bemessungsregeln für Nachklärbecken // WWT: Wasserwirt. Wassertechn Das Praxismagazin für Entscheidungen im Wassermanagement. 2005. No. 1-2. S. 22–24.
14. Л а с к о в Ю.М., В о р о н о в Ю.В., К а л и ц у н В.И. Примеры расчетов канализационных сооружений. М.: ИД «Альянс», 2008. 255 с.
15. М о р о з о в а К.М. Принципы расчета систем биологической очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 1. С. 26–31.
16. Я к о в л е в С.В., К а р ю х и н а Т.А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. М.: Стройиздат, 1980. 200 с.
17. Я к о в л е в С.В., В о р о н о в Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Изд-во АСВ, 2002. 703 с.

**Кругликова Анастасия Валерьевна**, ст. препод.; E-mail: [nastikrug@mail.ru](mailto:nastikrug@mail.ru)  
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Получено после доработки 20.11.2019

**Kruglikova Anastasiya Valeryevna**, Senior Lecturer; E-mail: [nastikrug@mail.ru](mailto:nastikrug@mail.ru)  
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia

## **IMPROVEMENT OF ACCOUNTING FOR THE INFLUENCE OF NATURAL FACTORS IN THE OPERATION OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS**

A detailed examination of functioning wastewater treatment plants with average productivity and data from laboratory and production control were analyzed. It was revealed that with relatively good technical condition, the quality of treated effluents deteriorates: in the cold period of the year due to a decrease in the temperature of the waste liquid in open structures by 1,5–4,6 °C, and in the warm period of the year due to an increase in temperature, mainly due to the heat of solar radiation. The study determined the influence of climatic factors of the area of the complex to changes in temperature of the sewage in the public sewerage and improvement of the process of accounting for these factors, aimed at improving efficiency in the operation of wastewater treatment plants.

**Key words:** primary tanks, aerotank, climatic factors, efficiency, secondary tanks, temperature.

### **REFERENCES**

1. E h l' M.A., E h l' Yu.F., V e b e r I.F. Naladka i ehkspluatatsiya ochistnykh sooruzheniy gorodskoy kanalizatsii [Commissioning and operation of municipal sewage treatment facilities]. Moscow, Stroyizdat, 1977. 281 p. (in Russian)
2. E v i l e v i c h M.A., B r a g i n s k i y L.N. Optimizatsiya biokhimicheskoy ochistki stochnykh vod [Optimization of biochemical wastewater treatment]. Leningrad, Stroyizdat, 1979. 16 p. (in Russian)
3. K o l o b a n o v S.K., E r s h o v A.V., K i g e l' M.E. Proektirovanie ochistnykh sooruzheniy kanalizatsii [Design of sewage treatment facilities]. Kiev, Budivel'nik, 1977. 221 p. (in Russian)
4. Metodika tekhnologicheskogo kontrolya raboty ochistnykh sooruzheniy gorodskoy kanalizatsii [Technique of technological control of work of treatment facilities of the city sewerage]. Moscow, Stroyizdat, 1977. 303 p. (in Russian)

5. N a j d e n k o V.V. Optimizatsiya protsessov ochestki prirodnykh i stochnykh vod [Optimization of natural and waste water treatment processes]. Moscow, Stroyizdat, 1984. 152 p. (in Russian)
6. S h e l o m k o v A.S, S h e l o m k o v S.A. Rukovodstvo po proektirovaniyu kanalizatsionnykh ochestnykh sooruzheniy gorodskikh stochnykh vod i blizkikh k nim po sostavu stochnykh vod promyshlennykh predpriyatiy [Guidelines for the design of sewage treatment plants of urban wastewater and close to them on the composition of industrial wastewater]. Moscow, 2014. 406 p. (in Russian)
7. E p o v A.N., K a n n u n i k o v a M.A. Srvanenie metodik rascheta sooruzheniy s biologicheskim udaleniem azota i fosfora i primeneniye matematicheskogo modelirovaniya [Comparison of structural analysis methods of nitrogen/phosphorus biological removal plants with mathematical modeling application]. Voda i ekologiya: problemy i resheniya [Water and Ecology]. 2016. No. 1. Pp. 3–14. (in Russian)
8. E p o v A.N., K a n n u n i k o v a M.A. Srvanenie metodik rascheta sooruzheniy s biologicheskim udaleniem azota i fosfora i primeneniye matematicheskogo modelirovaniya [Comparison of structural analysis methods of nitrogen/phosphorus biological removal plants with mathematical modeling application]. Voda i ekologiya: problemy i resheniya [Water and Ecology]. 2016. No. 2. Pp. 65–80. (in Russian)
9. B a r t o v a L.V., A v d e e v a M.A., L u f e r c h i k Ya.S. Opredeleniye prodolzhitel'nosti obrabotki stochnykh vod v aerotenkakh po razlichnym metodikam [Determination of the duration of wastewater treatment in aerotanks by different methods]. Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arkhitektura [PNRPU Bulletin. Construction and Architecture]. 2018. Vol. 9, No. 3. Pp. 99–107. (in Russian)
10. A m b r o s o v a G.T., K r u g l i k o v a A.V. Vliyaniye prirodnykh usloviy na effektivnost' raboty ochestnykh sooruzheniy kanalizatsii [Impact of natural conditions on the efficiency of operation of wastewater treatment plants]. Biosfernaya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii [Biosphere compatibility: human, region, technologies]. 2016. No. 4. Pp. 3–12. (in Russian)
11. I t k i n A.L. Issledovaniya po ochestke stochnykh vod [Research on wastewater treatment]. Sbornik trudov Moskovskogo inzhenerno-stroitel'nogo instituta im. V.V. Kuybysheva [Proceedings of the Kuibyshev Moscow Institute of Civil Engineering]. 1970. No. 66. Pp. 92–99. (in Russian)
12. K a l i t s u n V.I., K e d r o v V.S., L a s k o v Yu.M., S a f o n o v P.V. Gidravlika, vodosnabzheniye i kanalizatsiya [Hydraulics, water supply and sewerage]. Moscow, Stroyizdat, 1980. 359 p. (in Russian)
13. K ö s t e r S t e p h a n. Bemessungsregeln für Nachklärbecken // WWT: Wasserwirt. Wassertechn Das Praxismagazin für Entscheidungen im Wassermanagement. 2005. No. 1-2. Pp. 22–24.
14. L a s k o v Yu.M., V o r o n o v Yu.V., K a l i t s u n V.I. Primery raschetov kanalizatsionnykh sooruzheniy [Examples of calculations of sewer structures]. Moscow, 2008. 255 p. (in Russian)
15. M o r o z o v a K.M. Printsipy rascheta sistem biologicheskoy ochestki stochnykh vod [Principles of calculation of biological wastewater treatment systems]. Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika [Water Supply and Sanitary Technique]. 2009. No. 1. Pp. 26–31. (in Russian)
16. Y a k o v l e v S.V., K a r y u k h i n a T.A. Biokhimicheskie protsessy v ochestke stochnykh vod [Biochemical processes in wastewater treatment]. Moscow, Stroyizdat, 1980. 200 p. (in Russian)
17. Y a k o v l e v S.V., V o r o n o v Yu.V. Vodootvedeniye i ochestka stochnykh vod [Wastewater disposal and treatment]. Moscow, 2002. 703 p. (in Russian)