

ГЕОЭКОЛОГИЯ GEOECOLOGY

УДК 628.355

О. С. Дубовик

Белорусский национальный технический университет

ОСОБЕННОСТИ ОТБОРА ПРОБ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Представлены основы отбора проб сточных вод на очистных сооружениях для проведения корректного анализа работы сооружений.

Отмечено, что для оценки работы сооружений механической и биологической стадии важное значение имеет правильный расчет времени отбора проб. Основным фактором, существенно влияющим на конечный результат при выполнении расчетов, являются колебания количественной и качественной характеристики сточных вод, которая обусловлена неравномерностью водопотребления населением и промышленными предприятиями.

При осуществлении расчета биологической стадии очистки сточных вод всегда необходимо учитывать распределение нагрузки на каждый аэротенк по количеству сточных вод и рециркуляционного активного ила, а также режим работы аэротенка.

Сделано заключение, что правильный отбор проб и составление плана-графика лабораторного контроля, графического отображения места и времени отбора проб исключает возможность возникновения ошибки, позволяет оценить работу сооружений механической и биологической стадии очистки, определить эффективность работы сооружений, а также определить необходимость изменения режима работы, проведение отладки работы либо выполнение более глубокого анализа неэффективности работы сооружений.

Ключевые слова: очистка сточных вод, неравномерность сточных вод, отбор проб.

Для цитирования: Дубовик О. С. Особенности отбора проб для контроля работы очистных сооружений // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2022. № 1 (253). С. 101–108.

O. S. Dubovik

Belarusian National Technical University

RULES FOR CONDUCTING SAMPLES FOR ANALYSIS OF AEROTANKS OPERATION

The basics of wastewater sampling at wastewater treatment plants for the correct analysis of the operation of the facilities are presented.

It is noted that the correct calculation of the sampling time is important for assessing the operation of structures at the mechanical and biological stages. The main factor that significantly affects the final result when performing calculations is fluctuations in the quantitative and qualitative characteristics of wastewater, which is due to the unevenness of water consumption by the population and industrial enterprises.

Calculating the biological stage of wastewater treatment, it is always necessary to take into account the distribution of the load on each aeration tank by the amount of wastewater and recirculated activated sludge, as well as the regime of operation of the aeration tank.

It was concluded that correct sampling and do a schedule of laboratory control, graphic display of the place and time of sampling excludes the possibility of errors, allows you to evaluate the operation of mechanical and biological treatment facilities, determine the efficiency of the equipment, and also determine the necessary of changing the operating mode, debugging the work, or performing a deeper analysis of the inefficiency of work.

Key words: wastewater treatment, wastewater unevenness, sampling.

For citation: Dubovik O. S. Rules for conducting samples for analysis of aerotanks operation. *Proceedings of BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology*, 2022, no. 1 (253), pp. 101–108 (In Russian).

Введение. На большинстве городских очистных сооружений очистка сточных вод состоит из двух стадий. Механическая стадия включает очистку на решетках, песколовках и первичных отстойниках. Биологическая стадия очистки осуществляется в аэротенках с последующим разделением очищенных сточных вод и активного ила во вторичных отстойниках.

Биологическая очистка сточных вод является наиболее эффективной и сложной, так как она представлена специфическим биоценозом микроорганизмов, который нуждается в создании особых условий окружающей среды (рН, содержание азота, концентрация кислорода и концентрация органических веществ, температура) [1–7]. Кроме того, токсиканты, которые попадают на очистные сооружения в результате сброса в канализацию недостаточно очищенных производственных сточных вод, оказывают ингибирующее воздействие на биоценоз активного ила, причем, как правило, более выраженное на нитрифицирующие микроорганизмы, чем на гетеротрофные бактерии. Ингибиторами могут быть тяжелые металлы (медь, никель, хром, цинк и т. д.), а также органические вещества (ацетон, фенол, этанол, тиомочевина и т. д.). Это и есть одна из причин необходимости контроля состава поступающих сточных вод.

Для составления полноценного плана-графика лабораторного (производственного) контроля работы очистных сооружений необходимо учитывать множество факторов, определяющих эффективность работы очистных сооружений. Составлять его нужно в соответствии с Санитарными правилами 1.1.8-24-2003 [8], где и прописан порядок проведения производственного контроля.

План-график должен включать место и время отбора проб, а также контролируемые показатели. Контроль должен осуществляться по всей цепочке очистных сооружений, т. е. с отбором проб и анализом каждой стадии очистки. Перечень показателей определяется для каждой стадии и зависит от назначения этапа очистки. Например, показатели сточных вод на выпуске контролируются согласно проектным данным разрешением, выданным на сброс сточных вод в водный объект либо в канализационную сеть города Решением местного органа власти. Что касается механической стадии, то принцип выбора показателей полностью соответствует назначению сооружения, например первичные отстойники контролируют в основном по количеству задержанных взвешенных веществ, однако по СН 4.01.02–2019 [9] необходимо еще учитывать снижение БПК₅, азота аммонийного, фосфора общего, ХПК. Основными показате-

лями, которые контролируются на биологической стадии, являются доза активного ила, концентрация кислорода, иловый индекс, температура, БПК₅, азот аммонийный, фосфор фосфатный, азот нитритный и азот нитратный, взвешенные вещества. Это основные показатели, которые следует контролировать чаще, чем показатели, определенные проектными документами, причем их контроль можно осуществлять не после аэротенков, а после вторичного отстаивания.

В ТКП 17.06.-13–2015 [10] прописаны требования к контролю за работой очистных сооружений, рассмотрен пример места размещения точек контроля, периодичность контроля и необходимые показатели, правила эксплуатации очистных сооружений с учетом их классификации, кроме того, в документе даны ссылки на основные нормативные документы касающиеся работы очистных сооружений, требований к отбору проб и др.

При эксплуатации очистных сооружений часто возникает необходимость наладки технологического режима работы сооружений (переход в осенне-зимний, весенне-летний период, а также при сбое в работе сооружений). Правильная оценка эффективности работы биологической очистки сточных вод является важным составляющим в принятии дальнейшего решения при наладке работы сооружений.

Цель работы заключалась в отработке наиболее правильного и информативного проведения отбора проб при осуществлении контроля работы механической и биологической стадии очистки сточных вод и, как следствие, составлении плана-графика лабораторного контроля работы очистных сооружений.

Основная часть. Объектами исследования послужили сооружения механической и биологической стадий двух площадок городских очистных сооружений.

Стадия механической очистки на обеих площадках представлена решетками, песколовками и первичными отстойниками.

Принцип оценки эффективности работы механической стадии очистки основан на времени нахождения сточных вод на сооружениях, т. е. для правильного анализа работы необходимо установить время отбора проб с учетом времени нахождения сточных вод на сооружениях.

Однако на любых городских очистных сооружениях имеют место существенные колебания объема поступающих сточных вод [11–15], что обусловлено цикличностью жизнедеятельности населения. Исходя из этого, при установлении места и времени отбора проб необходимо учитывать именно часы с максимальным притоком сточных вод на очистные сооруже-

ния, что позволит также избежать более сложного расчета (при сильных колебаниях количественного и качественного состава сточных вод) и, соответственно, возникновения дополнительных ошибок при вычислении. Так, в часы максимального притока сточных вод на очистные сооружения их количественные и качественные показатели существенно не различаются, что и позволяет сделать более правильную оценку эффективности работы сооружений. Пример неравномерности притока сточных вод по часам представлен в таблице (данные за 11.04.2017, Минская очистная станция, первая площадка).

Расход сточных вод по часам

Время, ч	Расход сточных вод по часам, м ³ /ч
00:00–01:00	19 540
01:00–02:00	19 226
02:00–03:00	16 377
03:00–04:00	12 015
04:00–05:00	10 170
05:00–06:00	8601
06:00–07:00	8108
07:00–08:00	9250
08:00–09:00	11 005
09:00–10:00	13 208
10:00–11:00	16 403
11:00–12:00	18 465
12:00–13:00	18 211
13:00–14:00	17 145
14:00–15:00	17 306
15:00–16:00	16 093
16:00–17:00	17 481
17:00–18:00	16 517
18:00–19:00	15 723
19:00–20:00	16 870
20:00–21:00	17 117
21:00–22:00	17 415
22:00–23:00	17 895
23:00–24:00	18 935

Из таблицы видна неравномерность водопотребления населением, соответственно, это необходимо учитывать при работе сооружений, при проведении отбора проб и анализа работы сооружений, а также для составления плана-графика контроля за работой очистных сооружений.

Наряду с неравномерностью притока сточных вод может наблюдаться и непостоянство входящих концентраций загрязняющих веществ. Например, с учетом работы промышленных предприятий основная нагрузка может наблюдаться как раз в диапазоне времени их работы с 09:00 до 16:00. Данный диапазон условен, на него влияет ряд факторов:

– протяженность канализационных сетей, характер транспортирования сточных вод (самотечный, напорный режим) [15];

– поступление в систему дождевых и талых вод [15];

– время начала и окончания работы промышленного предприятия (технологический цикл работы);

– наличие/отсутствие очистных сооружений на промпредприятии (при их наличии – эффективность работы очистных сооружений);

В качестве примера суточной неравномерности поступления загрязняющих веществ рассмотрена динамика азота аммонийного по часам в сточных водах (рис. 1).

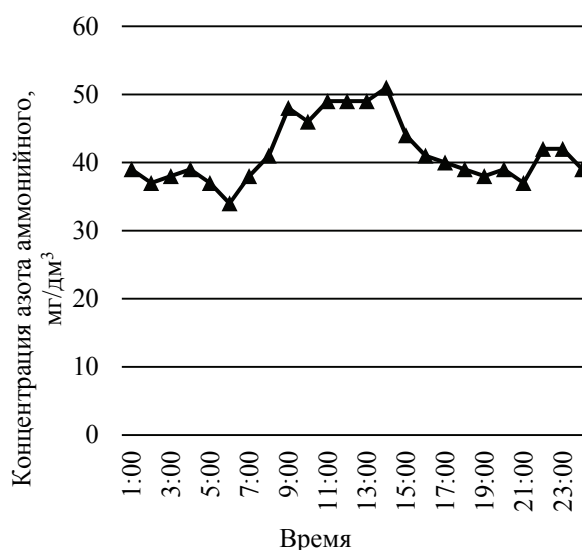


Рис. 1. Динамика поступления азота аммонийного по часам суток: проба от 07.05.2018 (первая площадка очистных сооружений)

Относительно постоянное содержание концентраций загрязняющих веществ в составе сточных вод характерно только для населенных пунктов с отсутствием промышленных предприятий или незначительным их вкладом в качественную и количественную характеристику сточных вод.

Так, при отборе проб одновременно на входе и выходе очистных сооружений можно неправильно оценить эффект очистки и эффективность работы сооружений.

Проанализируем пробы, отобранные в 08:10–08:30 на входе и 09:30–10:30 на выпуске из очистных сооружений и в 14:00–15:00 на входе и 15:00–15:30 на выпуске на примере такого показателя, как азот аммонийный (рис. 2). Если сравнивать отобранные пробы, можно сделать ложное предположение, что утром количество азота аммонийного уменьшается с 48,0 до 6,9 мг/дм³, или удаляется на 85,6%, а после обеда – с 54,0 до 4,8 мг/дм³, или на 91,1%.

Однако если учесть тот факт, что сточные воды проходят определенное время очистки на сооружениях, то как раз выходит, что вода, отобранная утром, будет на выпуске после обеда.

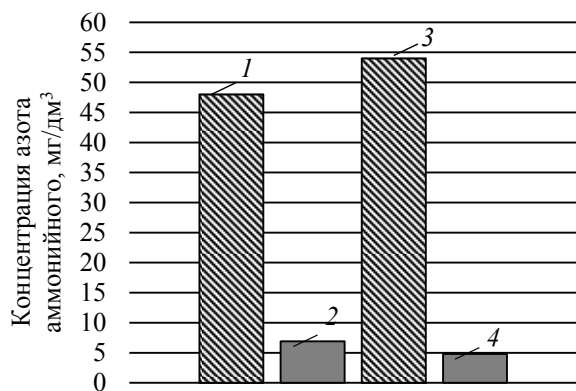


Рис. 2. Концентрация азота аммонийного по часам в пробах от 15.05.2018

(первая площадка очистных сооружений):

- 1 – поступающие сточные воды в 08:10–08:30;
- 2 – выпуск сточных вод в 09:30–10:30;
- 3 – поступающие сточные воды в 14:00–15:00;
- 4 – выпуск сточных вод в 15:00–15:30

При проведении контроля работы биологической стадии очистки сточных вод необходимо учитывать еще больше составляющих.

Стадия биологической очистки на первой площадке очистных сооружений (далее по тексту МОС-1) представляет собой классические аэротенки-вытеснители, рассчитанные на биологическое окисление органических веществ (рис. 3). На второй площадке (далее по тексту МОС-2) данная стадия представлена биореакторами, функционирующими в режиме каскадной денитрификации [1].

Рассмотрим расчет времени отбора проб аэротенков первой площадки очистных сооружений с целью проведения корректного анализа. Расчет производится исходя из скорости движения смеси активного ила и сточных вод (далее – иловая смесь) по аэротенку. Так как аэротенки на первой площадке Минских очистных сооружений работают по типу вытеснения, для расчета продолжительности движения иловой смеси по каждому коридору секции необходимо знать расход сточных вод и количество циркуляционного активного ила, подаваемого в секцию аэротенка. Общий объем ($V_{\text{общ}}$, м³) секций аэротенков составляет 272 800 м³, количество секций составляет 11 шт., тогда объем одной секции

$$V_{\text{сек}} = \frac{V_{\text{общ}}}{11}. \quad (1)$$

С учетом того что каждая секция аэротенка состоит из четырех коридоров, объем коридора

$$V_k = \frac{V_{\text{сек}}}{4}. \quad (2)$$

После определения объема секции аэротенка необходимо определить количество поступающих сточных вод на каждый аэротенк, учитывая при этом нагрузку рециркуляционного активного ила на каждый из них. Нагрузка на аэротенк определяется на основании нагрузки на водослив аэротенка с помощью линейки и геометрических параметров водослива, а также в зависимости от степени открытия шиберов осветленных сточных вод и рециркуляционного активного ила. Количество подаваемого циркуляционного активного ила оценивается по общей производительности включенного в работу на текущий момент времени циркуляционного насосного оборудования – с учетом равномерного его распределения по секциям (с анализом открытия шиберов на подачу циркуляционного активного ила на каждый аэротенк).

Проведя оценку нагрузки на каждую секцию аэротенка осветленных сточных вод и рециркуляционного активного ила, можно проводить расчет и определение мест отбора проб для лаборатории.

Количество сточных вод и рециркуляционного активного ила, поступающего в один аэротенк в необходимый (выбранный) промежуток времени ($V_{\text{р+в}}$, м³/ч), рассчитывается по формуле

$$V_{\text{р+в}} = \frac{V_{\text{р+в}}}{n}, \quad (3)$$

где V_p – количество рециркуляционного активного ила, м³/ч; V_v – количество сточных вод, м³/ч; n – количество работающих аэротенков.

Время движения иловой смеси по коридору аэротенка (T , мин) рассчитывается по формуле

$$T = \frac{V_k}{V_{\text{р+в}}} \cdot 60, \quad (4)$$

где $V_{\text{р+в}}$ – количество рециркуляционного активного ила и сточных вод, м³/ч.

Движение по каждому коридору аэротенков рассчитывается по этой же формуле с учетом циркуляционного активного ила и сточных вод уже в следующий час, т. е. расчет ведется на каждый час (так как могут изменяться количество сточных вод и работа насосного оборудования циркулирующего активного ила).

Если данные показатели не меняются, то временной расчет можно делать только для одного коридора и экстраполировать на следующие коридоры.

Если данные показатели не меняются, то временной расчет можно делать только для одного коридора и экстраполировать на следующие коридоры.

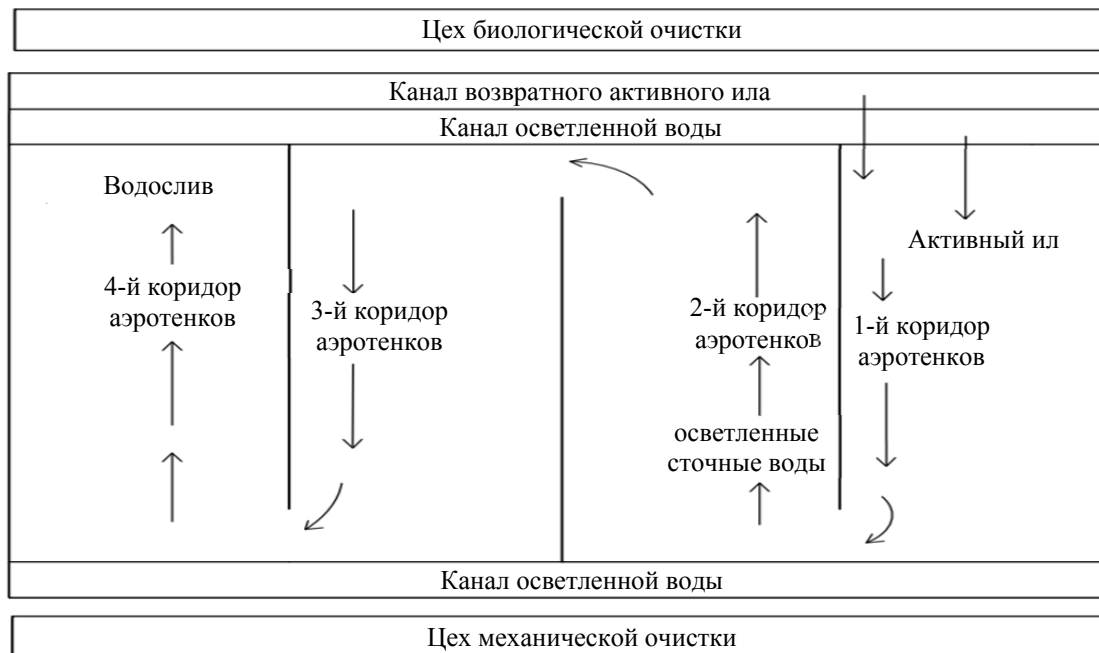


Рис. 3. Схема отбора проб аэротенка первой площадки очистных сооружений

Таким образом, согласно рис. 3, определяем место отбора проб, в которое обязательно включаются следующие точки: осветленные сточные воды (желательно из канала перед шибером поступления сточных вод в соответствующий аэротенк), рециркуляционный активный ил (возвратный ил) перед соответствующим аэротенком и далее точки отбора проб по ходу движения сточных вод по коридорам аэротенков. Кроме того, учитываем режим работы секции, т. е. наличие регенерации или другие специфические условия. Следующим этапом необходимо определить время движения смеси сточных вод и активного ила по аэротенку (формулы (3), (4)). Лучше всего проводить оценку работы аэротенков при максимальной ее нагрузке.

Такой способ отбора проб позволяет оценить работу аэротенков, выявить нарушения их работы, распределить нагрузку на сооружения даже при отсутствии стационарных датчиков. Естественно, что проводить такой анализ на постоянной основе не имеет смысла, так как это затратно (человеко-часы работников лаборатории и затраты на реактивы), данный способ хорош для наладки режима работы, при сбое работы сооружений, а также для периодического контроля нагрузки и работы аэротенков. Если нагрузка на аэротенки распределена равномерно, то результаты эффективности очистки сточных вод в каждом аэротенке будут одинаковы. По такому принципу иногда делают автоматизацию лишь одной секции аэротенков, все датчики устанавливают в так называемой мастер-секции, по данным которой и осуществляется регулировка остальных аэротенков.

Рассмотрим пример отбора проб на второй площадке очистных сооружений.

Аэротенки на второй площадке Минских очистных сооружений работают в режиме каскадной денитрификации (схема представлена на рис. 4). При расчете времени отбора проб учитывается следующее:

- 1) поступление сточных вод в анаэробную зону (резервуар) в количестве 40% от общего потока сточных вод;
- 2) оставшиеся сточные воды распределяются между вторым и третьим денитрификаторами в количестве 35 и 25%.

Каждая секция аэротенка МОС-2 включает анаэробный реактор (объем около 4000 м³), три денитрификатора (объем первого денитрификатора – 2360 м³, второго – 2660 м³ и третьего 1900 м³), три нитрификатора (объем первого нитрификатора – 4100 м³, второго – 4550 м³ и третьего 4100 м³).

Для расчета выбираем определенный промежуток времени, в котором рассматриваем количество сточных вод и рециркуляционного активного ила, поступающих на сооружения.

Скорость прохождения сточных вод и рециркуляционного активного ила (далее – иловая смесь) для анаэробной зоны, первого денитрификатора и первого нитрификатора (V_1) вычисляется по следующей формуле:

$$V_1 = \frac{V_{\text{в}} \cdot 0,4}{n} + \frac{V_{\text{р}}}{n}, \quad (5)$$

где $V_{\text{в}}$ – количество рециркуляционного активного ила, м³/ч; $V_{\text{р}}$ – количество сточных вод, м³/ч; n – количество работающих аэротенков.



Рис. 4. Схема отбора проб аэротенка второй площадки очистных сооружений

Скорость прохождения иловой смеси для второго денитрификатора и второго нитрификатора (V_2) вычисляется по следующей формуле:

$$V_2 = \frac{V_B \cdot 0,75}{n} + \frac{V_P}{n}. \quad (6)$$

Расчет скорости прохождения иловой смеси для третьего денитрификатора и третьего нитрификатора производится с использованием формулы (3).

Время движения смеси активного ила и сточных вод по зонам аэротенка (T , мин) определяется по формуле

$$T = \frac{V_{\text{зп}}}{V} \cdot 60, \quad (7)$$

где $V_{\text{зп}}$ – объем зоны биореактора, м³; V – количество иловой смеси, которое вычисляется по формулам (3), (5), (6) и используется в зависимости от расчета нужной зоны, м³/ч.

При этом всегда учитывается следующее:

– неравномерность поступления сточных вод (если она существенная, более 10%);

– неравномерность подачи циркуляционного активного ила;

– распределение циркуляционного активного ила и сточных вод по аэротенкам (с учетом неравномерного распределения их по аэротенкам).

Так, например, значения на водосливах столба жидкости могут быть одинаковые, а нагрузка на ил существенно отличаться, что также может повлиять на оценку работы каждого аэротенка.

Заключение. Правильно организованный лабораторный контроль работы очистных сооружений является важной частью успешной работы сооружений.

К основным этапам организации лабораторного контроля очистных сооружений относятся:

– оценка неравномерности качественной и количественной характеристики поступающих сточных вод;

– учет неравномерности при выборе места и времени отбора проб;

– определение необходимого количества проб для полноценной оценки работы сооружений;

– составление самого графика проведения отбора проб.

Список литературы

1. Дубовик О. С., Маркевич Р. М., Антонов К. В. Совершенствование биологической очистки сточных вод от соединений азота и фосфора в условиях каскадной денитрификации // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 2. С. 19–23.

2. Харькина О. В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод. Волгоград: Панорама, 2015. 433 с.
3. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: АКВАРОС, 2003. 512 с.
4. Козлов М. Н., Дорофеев А. Г., Асеева В. Г. Микробиологический контроль активного ила биореакторов очистки сточных вод от биогенных элементов. М.: Наука, 2012. 80 с.
5. Очистка сточных вод / под ред. Ф. В. Кармазинова. СПб.: Новый журнал, 2013. 496 с.
6. Tchobanoglous G., Burton F. L., Stensel H. D. Wastewater engineering: Treatment and resource recovery. New York: McGraw-Hill Education, 2014. 2018 p.
7. Teleshova E. N. The influence of some factors on the efficiency of the processes of nitrogen biological removal from sewage // *OP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2020. № 613. P. 1–5. DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012147.
8. Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических и профилактических мероприятий: Санитарные правила 1.1.8-24-2003. Минск: Минздрав, 2003. 6 с.
9. Канализация. Наружные сети и сооружения: Строительные нормы СН 4.01.02-2019. Минск: Минстройархитектуры, 2020. 85 с.
10. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Правила эксплуатации и контроля за работой очистных сооружений и сбросом сточных вод: ТКП 17.06.-13-2015. Минск: Минприроды, 2015. 47 с.
11. Воронов Ю. В., Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 704 с.
12. Игнатчик В. С., Седых Н. А., Гринев А. П. Экспериментальное исследование неравномерности притока сточных вод // *Военный инженер*. 2017. № 4 (6). С. 22–28.
13. Иваненко И. И., Сеничева К. С. Изучение режима поступления городских сточных вод малых населенных пунктов в сухую погоду // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14. Вып. 2. С. 225–236.
14. Соловьева Е. А., Мишуков Б. Г. Методика определения расчетных показателей расхода и состава сточных вод // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. 2015. № 3. С. 194–200.
15. Едунов Е. В. Влияние неравномерности поступления сточных вод на эффективность их очистки // *Синергия наук*. 2018. № 21. С. 533–540.

References

1. Dubovik O. S., Markevich R. M., Antonov K. V. Improvement of biological wastewater treatment from nitrogen and phosphorus compounds in conditions of cascade denitrification. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary engineering], 2019, no. 2, pp. 19–23 (In Russian).
2. Kharkina O. V. *Effektivnaya ekspluatatsiya i raschet sooruzheniy biologicheskoy ochistki stochnykh vod* [Effective operation and calculation of biological wastewater treatment facilities]. Volgograd, Panorama Publ., 2015. 433 p. (In Russian).
3. Zhmur N. S. *Tekhnologicheskiye i biokhimicheskiye protsessy ochistki stochnykh vod na sooruzheniyakh s aerotenkami* [Technological and biochemical processes of waste water treatment at constructions with aeration tanks]. Moscow, AQUAROS Publ., 2003. 512 p. (In Russian).
4. Kozlov M. N., Dorofeev A. G., Aseeva V. G. *Mikrobiologicheskiy kontrol' aktivnogo ila bioreaktorov ochistki stochnykh vod ot biogenykh elementov* [Microbiological control of activated sludge of bioreactors of wastewater treatment from biogenic elements]. Moscow, Nauka Publ., 2012. 80 p. (In Russian).
5. *Ochistka stochnykh vod* [Wastewater treatment]. Edit. by F. V. Karmazinov. St. Petersburg, New magazine Publ., 2013. 496 p. (In Russian).
6. Tchobanoglous G., Burton F. L., Stensel H. D. Wastewater engineering: Treatment and resource recovery. New York, McGraw-Hill Education, 2014. 2018 p.
7. Teleshova E. N. The influence of some factors on the efficiency of the processes of nitrogen biological removal from sewage. *OP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2020, no. 613, pp. 1–5. DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012147.
8. Sanitary rules 1.1.8-24-2003. Organization and implementation of production control over the observance of sanitary rules and the implementation of sanitary-anti-epidemic and preventive measures. Minsk, Minzdrav Publ., 2003. 6 p. (In Russian).
9. Building codes SN 4.01.02-2019. Sewerage. External networks and facilities. Minsk, Minstroyarkhitektury Publ., 2020. 85 p. (In Russian).
10. ТКП 17.06.-13-2015. Environmental protection and nature management. Hydrosphere. Rules for the operation and control over the operation of treatment facilities and wastewater discharge. Minsk, Minprirody Publ., 2015. 43 p. (In Russian).

11. Voronov Yu. V., Yakovlev S. V. *Vodootvedeniye i ochistka stochnykh vod* [Water disposal and wastewater treatment]. Moscow, Izdatel'stvo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov Publ., 2006. 704 p. (In Russian).
12. Ignatchik V. S., Sedykh N. A., Grinev A. P. Experimental study of uneven inflow of wastewater. *Voyenny inzhener* [Military engineer], 2017, no. 4 (6), pp. 22–28 (In Russian).
13. Ivanenko I. I., Senicheva K. S. Study of the regime of urban wastewater intake in small settlements in dry weather. *Vestnik MGSU* [Bulletin of the Moscow State University of Civil Engineering], 2019, vol. 14, issue 2, pp. 225–236 (In Russian).
14. Solovieva E. A., Mishukov B. G. Methodology for determining the calculated indicators of consumption and composition of wastewater. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [Proceedings of the St. Petersburg University of Communications], 2015, no. 3, pp. 194–200 (In Russian).
15. Edunov E. V. Influence of uneven flow of wastewater on the efficiency of their treatment. *Sinerhiya nauk* [Synergy of Sciences], 2018, no. 21, pp. 533–540 (In Russian).

Информация об авторе

Дубовик Ольга Сергеевна – старший преподаватель кафедры «Водоснабжение и водоотведение». Белорусский национальный технический университет (220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65, Республика Беларусь). E-mail: dubovik.volha@gmail.com

Information about the author

Dubovik Ol'ga Sergeevna – Senior Lecturer, the Department of Water supply and Sewage system. Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosti Ave., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dubovik.volha@gmail.com

Поступила 15.11.2011