



Разработка технологии обезвреживания сточных вод аэропортов

Д.О. Сидоренко¹✉, Ж.В. Сурикова¹

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», Москва, Россия, e-mail: ormr66@yandex.ru

Поступила в редакцию: 05.04.2021 г.; после доработки: 22.04.2021 г.; принята в печать: 26.04.2021 г.

Аннотация – Поверхностный сток аэропортов является серьезной экологической проблемой. Дренажная система любого аэропорта имеет выход к водным объектам, в результате происходит их загрязнение. Проведен анализ статистических данных по определению показателей качества сточных вод аэропортов, на основании которых были идентифицированы основные загрязняющие компоненты. Кроме того, была установлена сезонная зависимость степени загрязнения стоков от периода эксплуатации аэропортов и техники, показавшая, что содержание некоторых загрязняющих компонентов напрямую зависит от времени года. Представлены возможные источники загрязнения сточных вод аэропортов, которые могут иметь постоянный, периодический и аварийный характер. Проведен анализ сточных вод аэропортов, отобранных на выходе из коллекторов водовыпусков очистных сооружений, из резервуаров хранения отработанных противообледенительных жидкостей; отбор природной воды был осуществлён выше и ниже точки поступления сбрасываемых стоков в водный объект. На основании результатов испытаний и идентификации основных загрязняющих компонентов были сделаны выводы об основных источниках, причинах попадания загрязнителей в воду, о состоянии существующих очистных сооружений и систем сбора сточных вод аэропортов «Шереметьево» и «Домодедово». Предложена всесезонная схема очистки сточных вод от соединений железа, нефтепродуктов и гликолей на основе процесса ректификации.

Ключевые слова: загрязнение водных объектов, сточные воды аэродромов, сезонное загрязнение, источники загрязнения, анализ сточных вод, очистные сооружения аэродромов, системы сбора сточных вод аэродромов, железо, нефтепродукты, этиленгликоль.

Technologies for elimination of chemical hazards

UDC 628.312.5

DOI: 10.25514/CHS.2021.1.19008

Development of airport wastewater treatment technology

Dmitry O. Sidorenko¹✉ and Zhaneta V. Surikova¹

¹National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow, Russia, e-mail: ormr66@yandex.ru

Received: April 5, 2021; Revised: April 22, 2021; Accepted: April 26, 2021

Abstract – Surface runoff of airfields is a serious environmental problem. The drainage system of a large airport has access to water sources, as a result, water bodies are polluted. The analysis of statistical data on determination of indicators of quality of sewage of airfields based on which the main polluting components were identified is carried out. Besides, seasonal dependence of pollution of drains from the period of operation of planes and airfields is established. This separation is due to the fact that the content of some polluting components depends on the time of year. Possible sources of pollution of wastewater of airfields, which may have a permanent, periodic and emergency nature, are presented. The analysis of airport wastewater collected at the outlet of wastewater treatment facilities, from the storage tanks of waste de-icing fluids, the selection of natural water was carried out above and below the point of discharge of wastewater into the water body. Based on the results of tests and identification of the main polluting components, conclusions were drawn about the main sources, causes of contaminants entering the water, the state of existing treatment facilities and wastewater collection systems at «Sheremetyevo» and «Domodedovo» airports. An all-season scheme of wastewater treatment from iron, petroleum products and ethylene glycol based on the rectification process is proposed.

Keywords: water pollution, wastewater aerodromes, seasonal pollution, pollution sources, analysis of sewage, aerodrome treatment facilities, aerodrome wastewater collection systems, iron, mineral oils, ethylene glycol.

ВВЕДЕНИЕ

Гражданская авиация вносит значительный вклад в антропогенное загрязнение окружающей среды. При авиатранспортных процессах, включая полеты и обслуживание самолетов, функционирование аэропортов и работу авиаремонтных предприятий, имеют место различные виды загрязнения окружающей среды.

Одним из приоритетных направлений в области гражданской авиации является развитие авиационной экологии и безопасности полетов.

Наиболее серьезной экологической проблемой является поверхностный сток аэродромов. Влияние эксплуатации самолетов в аэропортах на находящиеся рядом водоемы еще недостаточно изучено.

Загрязняющие вещества представлены соединениями тяжелых металлов, нефтепродуктами, реагентами, жидкими отходами, образующимися вследствие неправильного хранения и обращения, оседающими компонентами воздушных выбросов, стоками с твердых покрытий аэропортов.

Во всех аэропортах России отсутствуют производственные сточные воды, образующиеся в технологических процессах. Хозяйственно-бытовые стоки отводятся в городскую канализацию с последующей очисткой на городских очистных сооружениях. Но если ливневый сток аэропорта сливается в хозяйственно-фекальную сеть, то водоотвод нельзя осуществлять в городскую сеть канализации, ввиду присутствия загрязняющих веществ, не предусмотренных для очистки на городских сооружениях. Поверхностные стоки (дождевые и талые) в основном сбрасываются без очистки на рельеф местности [1].

Дренажная система крупного аэропорта имеет выход к водным источникам, поэтому весьма вероятно загрязнение водного объекта [2]. Таким образом, выявленное негативное воздействие аэродромов на городскую среду не вызывает сомнений.

Решением проблемы водообеспечения является система оборотного водоснабжения. Ввиду того, что требования к качеству очищенного стока на технические нужды ниже, чем при выпуске на рельеф, оборот воды позволяет сократить количество добываемой воды из скважин и заимствования хозяйственно-питьевой воды на технические нужды [3].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Проблемой очистки поверхностных стоков со взлетно-посадочной полосы и технической зоны аэродромов занимаются давно. Операторы аэропортов по обеспечению экологической безопасности периодически направляют образцы сточных вод в аккредитованные лаборатории для оценки эффективности установленных очистных сооружений.

Начиная с 2014 года и по настоящее время, в лабораторию РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина поступают образцы сточных вод с территорий аэропортов Москвы. Пробы жидкостей направляются с целью проведения анализов по определению показателей качества воды, на основании которых проводится идентификация основных загрязняющих компонентов.

Представленная ниже таблица 1 отражает динамику состава сточных вод, отобранных на выходе из очистных сооружений аэропортов «Домодедово» и «Шереметьево». Статистические данные для дальнейшей разработки технологии были собраны с 2014 по 2017 год. Результаты испытаний указаны для осенне-зимнего и весенне-летнего периодов эксплуатации самолётов и аэродромов; такое разделение связано с тем, что содержание некоторых загрязняющих компонентов напрямую зависит от времени года.

Таблица 1. Динамика состава сточных вод аэродромов с 2014 по 2017 годы

Table 1. Dynamics of airfield wastewater composition from 2014 to 2017

Показатель	Среднее значение содержания компонентов							
	2014 год		2015 год		2016 год		2017 год	
	осень- зима	весна- лето	осень- зима	весна- лето	осень- зима	весна- лето	осень- зима	весна- лето
Железо, мг/л*	2,3	4,47	5,4	2,35	2,28	6,83	7,00	4,23
Ортофосфаты, мг/л	0,80	0,49	0,92	0,88	0,89	0,067	1,62	0,52
Хлориды, мг/л	30,75	15,5	20	57,38	-	25,4	11	12
Сухой остаток, мг/л	557,5	-	680	512	-	-	56200	-
Углеводороды, мг/л*	3,35	2,25	0,5	-	-	0,74	<1,0	1,9
Этиленгликоль, мг/л*	20423,8	0,163	1572,5	0,2	4440	0,25	56000	0,2
ХПК	18600	7350	-	-		-	20000	9600

По результатам статистических данных состава сточных вод на выходе из очистных сооружений аэропортов индикаторами контроля качества образцов жидкостей были выбраны этиленгликоль, нефтепродукты и железо. Данные компоненты являются основными загрязнителями сточных вод аэропортов. Превышение содержания железа отмечено во всех образцах, так как источники попадания данного компонента являются постоянными. Этиленгликоли в

поверхностном стоке появляются только в осенне-зимний период эксплуатации самолетов, то есть гликоли являются периодическими загрязнителями.

Попадание нефтепродуктов в сточные воды в результате нарушения правил обращения с горюче-смазочными материалами (ГСМ) обусловлено аварийными ситуациями на территории аэропорта, а частицы топлива, образующиеся при работе двигателей самолетов, относятся к постоянным источникам загрязнения.

Для оценки общего состояния качества образцов вод были выбраны такие показатели как содержание фосфатов, нитритов. Фосфор и азот являются важными биогенными элементами, однако при большом содержании в водоеме приводят к его цветению, а также к угнетению гидробионтов и гибели рыб. Как правило, данный вид стоков не отличается повышенным содержанием хлоридов, однако возможны случаи их аварийного сброса. В таблице 2 представлены возможные источники загрязнения сточных вод аэродромов.

Таблица 2. Источники образования постоянных, периодических и аварийных загрязнений сточных вод аэродромов

Table 2. Sources of permanent, periodic and accidental pollution of aerodrome wastewater

Постоянные	Низкая эффективность работы систем сбора сточных вод, а также устаревшее оборудование приводят к повышенному содержанию железа. Капли нефтепродуктов при взлете, полете и посадке воздушного судна.
Периодические	Противообледенительная обработка воздушных судов в осенне-зимний период приводит к увеличенному содержанию этиленгликоля в сточных водах.
Аварийные	Сливо-наливные операции с ГСМ, твердые частицы несгоревшего топлива, выброс топлива через систему экстренного сброса в воздухе приводит к нефтяному загрязнению поверхностного стока. Зачистка склада хранения солей для противообледенительной обработки с попаданием в сточные воды аэродромов.

Объектами дальнейшего исследования являются пробы воды, предоставленные подрядной организацией по экологическому обеспечению аэропортов «Шереметьево» и «Домодедово». Образцы жидкостей были направлены в Испытательную лабораторию экологического и энергетического контроля и аудита РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина для проведения химических испытаний на загрязняющие компоненты.

Отбор проб проводился экологом подрядной организации аэропорта согласно ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб [4].

Важно отметить, что пробы сточной воды были отобраны на выходе из коллекторов водовыпуска очистных сооружений аэропортов «Домодедово» и «Шереметьево», а также из резервуаров хранения отработанных противообледенительных жидкостей (ПОЖ), отбор природной воды был осуществлен выше и ниже точки поступления сбрасываемых стоков в водный объект.

Сведения об образцах, отобранных для аэропорта «Шереметьево»

Аэропорт расположен на северо-западе от Москвы на территории городского округа Химки Московской области. Очищенные поверхностные сточные воды сбрасываются в Воскресенский ручей, а далее в реку Клязьма, которая является источником водоснабжения Московского региона.

Из-за устаревших очистных сооружений происходит слив химических реагентов в реку Клязьму, что приводит к неприятному запаху, гибели рыбы. На сегодняшний день негативное влияние деятельности аэропорта на водные объекты до сих пор не устранено.

Пробы для анализа были предоставлены подрядной организацией, отвечающей за экологическую безопасность деятельности аэропорта по заказу АО «Международный аэропорт Шереметьево». Отбор проб осуществлялся из южного ливневыпуска и резервуаров хранения ПОЖ. В таблице 3 приведены данные о месте и времени отбора проб сточных вод за 2018-2019 годы, показатели более поздних периодов отброшены по причине наличия ряда факторов, в частности из-за пандемии, в ходе которой резко снизилось авиасообщение.

Таблица 3. Пробы сточных вод аэропорта Шереметьево

Table 3. Samples of wastewater from Sheremetyevo Airport

Маркировка	Дата отбора пробы	Место отбора
<i>Пробы из резервуаров и хранилищ с собранным отходом ПОЖ</i>		
1	29.06.2018 г.	Резервуар хранения ПОЖ
2	23.11.2018 г.	Бункер машины с собранным отходом ПОЖ
3	15.01.2019 г.	Резервуар хранения ПОЖ
4	26.02.2019 г.	Резервуар хранения ПОЖ
<i>Южный ливневыпуск очистных сооружений</i>		
5	23.11.2018 г.	Воскресенский ручей
6	30.11.2018 г.	Воскресенский ручей
7	10.03.2019 г.	Воскресенский ручей

В ходе проведения исследования был выполнен химический анализ проб жидкостей. Ниже представлена сводная таблица результатов (табл. 4).

В анализируемых пробах сточных вод было обнаружено превышение норматива по содержанию железа, углеводов, взвешенных веществ. В некоторых пробах наблюдается многократное превышение содержания этиленгликоля и, как следствие, большие значения ХПК.

Сведения об образцах, отобранных для аэропорта «Домодедово»

Домодедово является аэропортом федерального значения, расположенным на границе городского округа Домодедово и Раменского района Московской области, в 45 километрах к юго-востоку от центра Москвы.

Таблица 4. Сводная таблица результатов аналитических исследований серии проб сточных вод для аэропорта «Шереметьево»

Table 4. Summary table of the results of analytical studies of a series of wastewater samples for Sheremetyevo airport

Показатели	№ пробы							Норма- тив	Мето- дика
	1	2	3	4	5	6	7		
Железо, мг/л	4,7	1,9	0,45	0,6	2,5	2,5	1,025	0,3	ГОСТ 4011
Фосфаты, мг/л	0,46	0,46	10,2	15,0	0,2	1,2	2,4	3,5	ГОСТ 18309
Хлориды, мг/л	124,25	19	9150,0	10500,0	40	43	1083,5	300	ГОСТ 4245
Сухой остаток, мг/л	2800	800	26280	16800	230	260	2600	1000	ГОСТ 18164
Нитриты, мг/л	0,13	0,11	0,14	-	0,09	0,07	-	3,3	ГОСТ 33045
Этиленгли- коль, мг/л	<0,25	1554,0	3960,0	9641,5	0,00009	0,0007	39,627	1	ГОСТ 19710- 83
pH	4,92	8,6	5,58	5,16	6,4	8,8	5,64	6,5-8,5	ГОСТ 33776
ХПК, мгО ₂ /л	5100	34000	28000	-	400	12000	-	30	ГОСТ 31859
Углеводо- роды, мг/л	2,6	2,1	9,6	-	0,9	0,8	-	0,5	ГОСТ 31953

ООО «Международный Аэропорт Домодедово» осуществляет сброс стоков через водовыпуски очистных сооружений в Безымянный ручей – приток реки Гнилуши, с последующим впадением в Гнилушу, а также в реку Мураниха.

Заказчиком были предоставлены образцы проб воды на выходе из выпусков очистных сооружений аэропорта «Домодедово», а также отобранные в русловом пруду реки Гнилуша, куда впадают стоки очистных сооружений и в точках выше и ниже пруда. В таблице 5 приведены исходные данные для различных серий проб за 2018-2019 годы.

Таблица 5. Пробы сточных вод аэропорта «Домодедово»

Table 5. Samples of wastewater from Domodedovo Airport

Маркировка	Дата отбора пробы	Место отбора
Водовыпуски очистных сооружений		
1	08.04.2018 г.	водовыпуск №1
2	08.04.2018 г.	водовыпуск №2
3	08.04.2018 г.	водовыпуск № 3
4	08.04.2018 г.	водовыпуск №4
Русловый пруд реки Гнилуша		
5	11.04.2018	р. Гнилуша, выше пруда
6	11.04.2018	р. Гнилуша, ниже пруда
7	11.04.2018	д. Кутузово, русловый пруд р. Гнилуша

Результаты испытаний полученных проб сточных вод приведены в таблице 6.

Таблица 6. Сводная таблица результатов аналитических исследований серии проб сточных вод для аэропорта «Домодедово»

Table 6. Summary table of the results of analytical studies of a series of wastewater samples for Domodedovo airport

Показатели	№ пробы							Норматив	Методика
	1	2	3	4	5	6	7		
Железо, мг/л	1,6	5,4	1,3	1,95	3,9	1,5	1,33	0,3	ГОСТ 4011
Фосфаты, мг/л	1,32	0,92	1,01	1,20	1,42	0,72	0,68	3,5	ГОСТ 18309
Хлориды, мг/л	22	20	18	49	22,5	71,8	73,3	350	ГОСТ 4245
Нитриты, мг/л	0,12	0,14	0,13	0,12	0,16	0,05	0,07	3,3	ГОСТ 33045
Сухой остаток, мг/л	1320	680	400	480	1320	480	440	1000	ГОСТ 18164
pH	6,55	6,35	6,45	6,49	6,87	9,20	9,19	6,5-7,5	ГОСТ 33776
Этиленгликоль, мг/л	0,25	0,25	0,25	0,25	<0,2	<0,2	<0,2	1	ГОСТ 19710-83

На основании проведенных анализов установлено, что основным загрязняющим компонентом стоков аэропорта «Домодедово» является железо. По содержанию этиленгликоля во всех образцах не наблюдается превышения норматива.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты химических испытаний показали, что во всех образцах, отобранных на территориях аэродромов «Домодедово» и «Шереметьево», а также из водовыпусков и близлежащих водоемов, наблюдается повышенное содержание железа. Основными источниками загрязнения стоков аэродрома железом являются образование ржавчины на внутренней поверхности труб, смыв продуктов коррозии с территории аэродрома и крыш в ливневые сточные воды, а также недостаточный уровень водоподготовки в связи с использованием воды из артезианских скважин.

В образцах, отобранных в осенне-зимний период из резервуаров хранения ПОЖ обнаружено многократное превышение содержания этиленгликоля за счет использования противообледенительных реагентов на его основе [5]. Образцы отобраны в ноябре, январе, феврале и марте, когда на территории аэродромов проводится противогололедная обработка взлетно-посадочной полосы (ВПП) и противообледенительная обработка воздушных судов растворами на основе этиленгликоля. Даже при наличии специальных площадок для обработки самолетов, минимальный процент будет проводиться в технической зоне, следовательно, попадать в общую систему ливневой канализации.

Пробы из резервуаров хранения ПОЖ, а также из Воскресенского ручья, куда осуществляется сброс сточных вод аэропорта «Шереметьево», содержат

много хлоридов. Наиболее вероятной причиной превышения содержания хлорид-ионов в этих образцах является их присутствие в составе противобледенительных жидкостей, а также антигололедных реагентов различных сложных составов для обработки взлетно-посадочной полосы. В результате технологических процессов на территории аэродрома хлориды попадают в поверхностный сток, после чего сливаются в водоем.

Повышенное солесодержание в некоторых пробах объясняется высоким содержанием нерастворимых солей, а именно бикарбонатов, хлоридов, сульфатов кальция, магния, калия и натрия [6].

Углеводородное загрязнение является типичным для поверхностных стоков аэродромов. Значительную роль в загрязнении нефтепродуктами играют склады ГСМ. Эти загрязнения формируются из утечек при хранении, транспортировке и сливноналивных операциях с нефтепродуктами, промывочных вод при очистке и промывке резервуаров и трубопроводов. Также источниками нефтяного загрязнения поверхностного стока являются капли топлива при взлете, посадке и полете самолета.

Основными источниками загрязнения поверхностных сточных вод взвешенными веществами являются пыль и аэрозоли, частицы несгоревшего топлива, продукты разрушения дорожных покрытий и эрозии почв, отходы уличного смета.

Таким образом, на основании результатов испытаний и идентификации основных загрязняющих веществ были выделены следующие проблемы современных очистных сооружений аэропортов «Шереметьево» и «Домодедово»:

- в системе водоподготовки отсутствует блок очистки от железа;
- система сбора сточных вод нуждается в ремонте оборудования;
- на очистных сооружениях нет установки удаления железа из стоков, очистка от углеводородов и этиленгликоля осуществляется с низкой эффективностью;
- системы сбора противобледенительных жидкостей требуют реконструкции.

На основании результатов испытаний и идентификации основных загрязняющих компонентов были сделаны выводы об основных источниках, причинах попадания загрязнителей в воду, о состоянии существующих очистных сооружений и систем сбора сточных вод аэропортов «Шереметьево» и «Домодедово».

В настоящее время на территории аэродромов применяется схема очистки сточных вод, состоящая из следующих этапов:

- в сборную емкость поступают 3 потока (сток с взлетно-посадочной полосы, с технологической площадки и ливневый сток);
- стоки поступают в отстойник;
- сточная вода проходит через фильтр;
- сброс в реку.

Наглядно процесс очистки сточных вод аэродромов можно представить в виде схемы, которая приведена на рисунке 1.

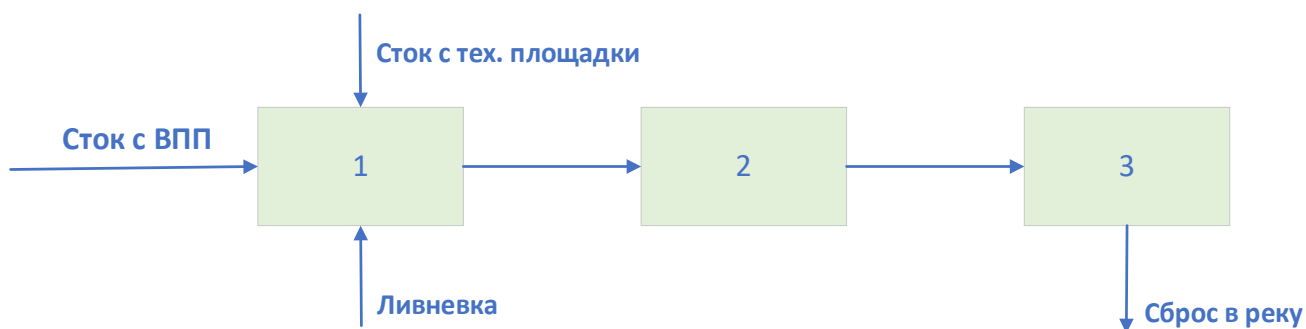


Рис. 1. Действующая схема очистки сточных вод аэродромов: 1 – сборная емкость; 2 – отстойник, 3 – блок фильтрации.

Fig. 1. The current scheme of wastewater treatment of airfields: 1 – collecting tank; 2 – sump, 3 – filtration unit.

По результатам анализа основных показателей качества воды был сделан вывод о том, что качество сточных вод с территории аэродромов не соответствует установленным нормативам. Следовательно, необходима модернизация действующей системы очистки.

В качестве наиболее эффективного метода удаления этиленгликоля из сточных вод аэродромов может быть рекомендован процесс ректификации, который показал высокую степень очистки и был введен в разрабатываемую технологию обезвреживания стоков.

Ниже представлена технологическая схема, включающая все стадии очистки сточных вод аэродромов, как для осенне-зимнего, так и для весенне-летнего периодов эксплуатации аэродромов (рис. 2).

В качестве наиболее доступного и экономически выгодного метода очистки от соединений металлов, в том числе железа, был выбран метод известкования, процесс основан на вводе гашеной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в сточную воду. Известкование применяется для снижения pH (декарбонизации) исходной воды, при этом одновременно уменьшаются жесткость и сухой остаток, удаляются грубодисперсные примеси, соединения железа.

После процесса известкования пробы отстаиваются, полученный осадок отправляется на полигон.

В осенне-зимний период на территории аэродрома осуществляется противообледенительная обработка воздушных судов и ВПП, поэтому в стоках присутствует этиленгликоль. Для очистки стоков от содержания гликолей рекомендуется использовать процесс ректификации. Предлагаемая технология заключается в выделении этиленгликоля из стоков с целью дальнейшего использования [7].

В весенне-летний период в образованных стоках этиленгликоль отсутствует, поэтому технология очистки за счет работы клапана проходит в обход блока очистки от отработанных противообледенительных жидкостей.

Предложенная технология очистки стоков легко адаптируется под конкретные условия функционирования аэропорта и может использоваться в

течение всего года, за счет возможности переключения потока по тому или иному направлению.

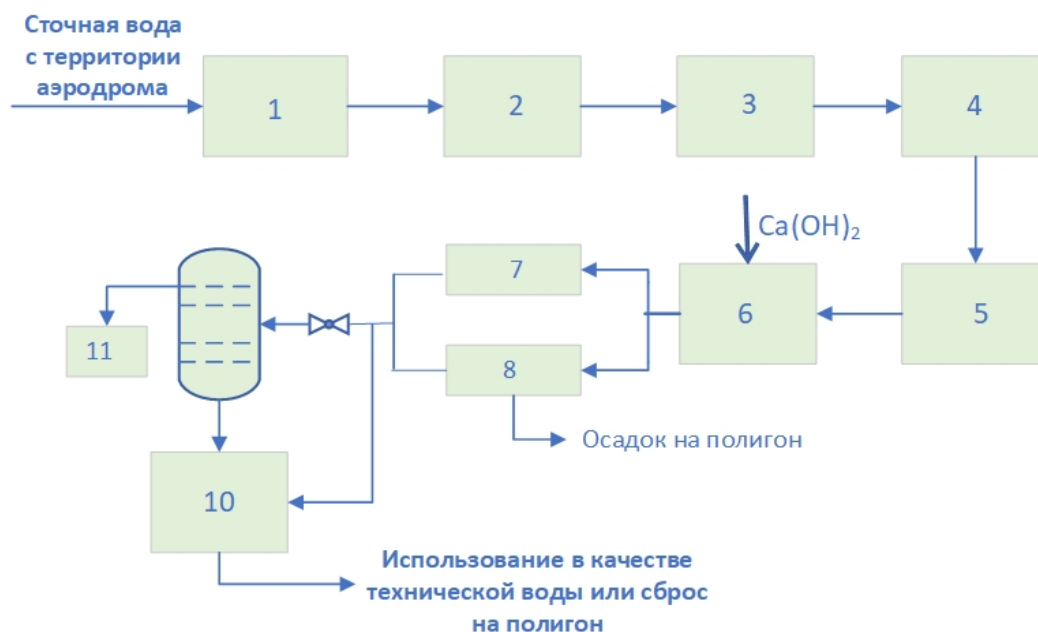


Рис. 1. Технологическая схема очистки сточных вод аэродромов с блоком ректификации. 1 – дренажные решетки; 2 – усреднительная емкость; 3 – сепаратор; 4 – флотатор; 5 – накопительная емкость; 6 – блок известкования; 7,8 – отстойники; 9 – ректификационная колонна; 10 – доочистка; 11 – буферная емкость.

Fig 2. Technological scheme of wastewater treatment of airfields with a rectification unit. 1 – drainage grates; 2 – averaging tank; 3 – separator; 4 – flotator; 5 – storage tank; 6 – liming unit; 7,8 – sumps; 9 – distillation column; 10 – post-treatment; 11 – buffer tank.

По результатам исследований и статистическим данным были разработаны рекомендации для аэропортов «Шереметьево» и «Домодедово» относительно существующих очистных сооружений, систем сбора сточных вод, систем водоподготовки, и в качестве результата выполнения исследования была разработана двухконтурная система очистки поверхностных стоков аэродромов для весенне-летнего и осенне-зимнего сезона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам анализа статистических данных показателей качества воды были выявлены основные загрязняющие компоненты сточных вод взлетно-посадочной полосы и технической зоны аэродромов. Обнаружено, что наибольший вклад в негативное воздействие на состояние водных объектов вносят железо, этиленгликоль и углеводороды.

Источники выделения загрязняющих веществ имеют постоянную, периодическую или аварийную природу возникновения.

Химические испытания образцов жидкостей, предоставленных подрядной организацией по экологическому обеспечению аэропортов «Домодедово» и «Шереметьево», были проведены по определению содержания характерных для сточных вод аэродромов показателей качества.

Превышение нормы ПДК для этиленгликоля характерно для образцов, отобранных в осенне-зимний период.

Опираясь на статистические данные и результаты лабораторных испытаний, предложена всесезонная схема очистки сточных вод от железа, нефтепродуктов и этиленгликоля на основе процесса ректификации.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTERESTS:

The authors declare no conflict of interests.

Список литературы:

1. Кшевин Д.А. (2018). Экологические проблемы в аэропортах России. *Материалы 3-й международной научно-практической студенческой конференции «Современные технологии воспроизводства экологической среды на урбанизированных территориях»*. Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет. С. 33–37.
2. Коробов В.Б., Тутыгин А.Г., Долгощелова М.И. (2011). Характер воздействия транспортного комплекса на окружающую среду Архангельской области. *Вестник поморского университета. Серия: Естественные науки*, 4, 19–26.
3. Тевяшев А.Д., Непочатова В.Д. (2009). Системный анализ проблемы повышения качества и эффективности функционирования систем водоснабжения и водоотведения. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 4(7(40)) 29–35.
<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2009.22045>
4. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2019. 32 с.
5. Сидоренко Д.О., Сурикова Ж.В. (2015). Хроматографические методы анализа. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина.
6. Сурикова Ж.В., Сидоренко Д.О. (2018). Аналитическое сопровождение токсичных отходов аэропортов. *Сборник трудов Региональной научно-технической конференции «Губкинский университет в решении вопросов нефтегазовой отрасли России»*. М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. С. 141.
7. Бутырская Е.В., Белякова Н.В., Шапошник В.А., Рожкова М.В., Селеменев В.Ф. (2008). Выделение этиленгликоля из его водно-солевых растворов. *Сорбционные и хроматографические процессы*. 8(6), 956–963.
<http://www.sorpchrom.vsu.ru/articles/20080610.pdf> (дата обращения 04.03.2021).

References:

1. Klevin, D.A. (2018). Environmental problems in Russian airports. *Materials of the 3rd International scientific and practical student Conference “Modern technologies of ecological environment reproduction in urbanized territories”*. Khabarovsk: Pacific State University, pp. 33–37 (in Russ).
2. Korobov, V.B., Tutygin, A.G., & Dolgoshelova, M. I. (2011). Nature of the transport complex impact on the environment of the Arkhangelsk region. *Bulletin of the Pomor University. Series: Natural Sciences*, 4, 19–26 (in Russ).
3. Tevyashev, A.D., Nepchatova, V.D. (2009). System analysis of the problem of improving the quality and efficiency of functioning of water supply and sanitation systems. *Eastern-European*

Journal of Enterprise Technologies. 4(7(40), 29–35 (in Russ). <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2009.22045>

4. GOST [State Standard] 31861-2012. Water. General requirements for sampling. Moscow: Standartinform, 2019. 32 p. (in Russ).
5. Sidorenko, D.O., & Surikova, Zh.V. (2015). Chromatographic methods of analysis. M.: Gubkin University (in Russ).
6. Surikova, Zh.V. & Sidorenko, D.O. (2018). Analytical support of toxic waste from airports. *Proceedings of the Regional Scientific and Technical Conference “Gubkin University in solving issues of the Oil and Gas industry of Russia”*. M.: Gubkin University. p. 141 (in Russ).
7. Butyrskaya, E.V., Belyakova, N.V., Shaposhnik, V.A., Rozhkova, M.V., & Selemenev, V.F. (2008). Isolation of ethylene glycol from its water-salt solutions. *Sorption and chromatographic processes*. 8(6). 956–963.
<http://www.sorpchrom.vsu.ru/articles/20080610.pdf> (accessed 04.03.2021).