

УДК 628.54

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ
КОММУНАЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF CLEANING
OF COMMUNAL AND INDUSTRIAL WASTEWATER WATERS**

Касьянов Геннадий Иванович

доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
технологии продуктов питания
животного происхождения,
Кубанский государственный
технологический университет

Шубина Лариса Николаевна

кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой техники
и технологии общественного питания,
Российский университет кооперации
Краснодарский филиал

Косенко Ольга Викторовна

кандидат технических наук,
доцент, доцент кафедры техники
и технологии общественного питания,
Российский университет кооперации
Краснодарский филиал

Марченко Людмила Анатольевна

кандидат технических наук,
доцент, доцент кафедры химии,
метрологии и стандартизации,
Кубанский государственный
технологический университет

Назарько Марина Дмитриевна

доктор биологических наук,
профессор, профессор кафедры
биоорганической химии
и технической микробиологии,
Кубанский государственный
технологический университет

Гурин Виктор Петрович

директор,
Группа компаний «Акварос»
www.garantakva.ru

Аннотация. В промышленно развитых странах непрерывно растет потребление питьевой и технической воды. Население крупных городов потребляет в 10 раз больше воды на одного жителя, по сравнению с сельскими районами, а загрязнение водоемов приобрело катастрофические масштабы. Подземные воды даже на большой глубине имеют значительную загрязненность. В последние годы экологически чистая и ледниковая вода стала предметом экспорта в африканские и арабские страны с рентабельностью до 200 %. Повышение процента водоиспользования на бытовые, промышленные и сельскохозяйственные нужды привело к появлению громадного количества сточных

Kasyanov Gennady Ivanovich

Doctor of technical sciences,
Professor, Professor food technology
animal origin,
Kuban state university technology

Shubina Larisa Nikolaevna

Candidate of technical sciences,
Associate professor, Head department
of technology and technologies
of public catering,
Russian university cooperation
Krasnodar branch

Kosenko Olga Viktorovna

Candidate of technical sciences,
Associate professor, Associate professor
department of engineering
and technologies of public catering,
Russian university cooperation
Krasnodar branch

Marchenko Lyudmila Anatolievna

Candidate of technical sciences,
Associate professor, Associate professor
of the department of chemistry,
metrology and standardization,
Kuban state university technology

Nazarenko Marina Dmitrievna

Doctor of biological sciences,
Professor, Professor bioorganic chemistry
and technical microbiology,
Kuban state university technology

Gurin Viktor Petrovich

Director,
Group of companies «Akvaros»
www.garantakva.ru

Annotation. In the industrialized countries, the consumption of drinking and technical water is continuously increasing. The population of large cities consumes 10 times more water per inhabitant than in rural areas, and the pollution of water bodies has become catastrophic. Underground waters, even at great depths, have considerable contamination. In recent years, clean and glacial water has been exported to African and Arab countries with a profitability of up to 200%. The increase in the percentage of water use for domestic, industrial and agricultural needs led to the emergence of a huge amount of

вод, загрязненных нефтепродуктами, солями тяжелых металлов, биогенным азотом, фосфором, остатками гербицидов и пестицидов. Перед научным сообществом, экологами и технологами поставлены задачи по решению проблемы очистки сточных вод коммунальных и промышленных предприятий и доведение содержания нежелательных компонентов в воде до приемлемых масштабов. Ученые и специалисты Кубанского государственного технологического университета и Краснодарского кооперативного института (филиала РУК) определили экспериментальный подход к решению нейтрализации вредных компонентов сточных вод электромагнитным полем низкой частоты, очистки природными и синтетическими сорбентами, биотехнологическими методами и газожидкостной обработкой. Выполненные авторами поисковые и экспериментальные исследования позволили сделать вывод о возможности эффективной очистки воды механическими, физическими и электрохимическими способами. Апробация использованных технологических приемов проведена в натуральных условиях на предприятии «Группа компаний «Акварос» (г. Краснодар).

Ключевые слова: сточные воды, экология, биотехнология, охрана окружающей среды, сорбенты, микробиология.

sewage polluted with oil products, heavy metal salts, nutrient nitrogen, phosphorus, herbicide residues and pesticides. The scientific community, ecologists and technologists are tasked to solve the problem of sewage treatment of communal and industrial enterprises and bring the content of undesirable components in water to an acceptable scale. Scientists and specialists of the Kuban State Technological University and the Krasnodar Cooperative Institute (the branch of the Russian Chemical Industry Association) have determined the experimental approach to neutralizing harmful components of sewage with a low-frequency electromagnetic field, purification by natural and synthetic sorbents, biotechnological methods and gas-liquid treatment. The search and experimental studies performed by the authors made it possible to draw a conclusion about the possibility of effective water purification by mechanical, physical and electrochemical methods. Aprrobation of the used technological methods was carried out in full-scale conditions at the enterprise «Group of companies «Akvaros» (Krasnodar).

Keywords: sewage, ecology, biotechnology, environmental protection, sorbents, microbiology

Введение

За счет стремительного роста потребления воды в промышленно-развитых районах индустриальных стран мировой рынок водоснабжения приблизился к отметке в 200 млрд евро. В настоящее время Российская Федерация обладает одним из самых высоких уровней запасов пресной воды. Доступные для использования водные ресурсы России составляют около 200 тыс. км³. При этом на промышленные нужды тратится около 60 % пресной воды, на питьевые и коммунальные потребности расходуется 21 % воды и на сельскохозяйственные нужды до 13 % пресной воды. Однако количество чистой пресной воды ежегодно сокращается из-за сбросов в нее загрязняющих веществ. На рисунке 1 приводятся сведения о потенциальных запасах водных ресурсов России.

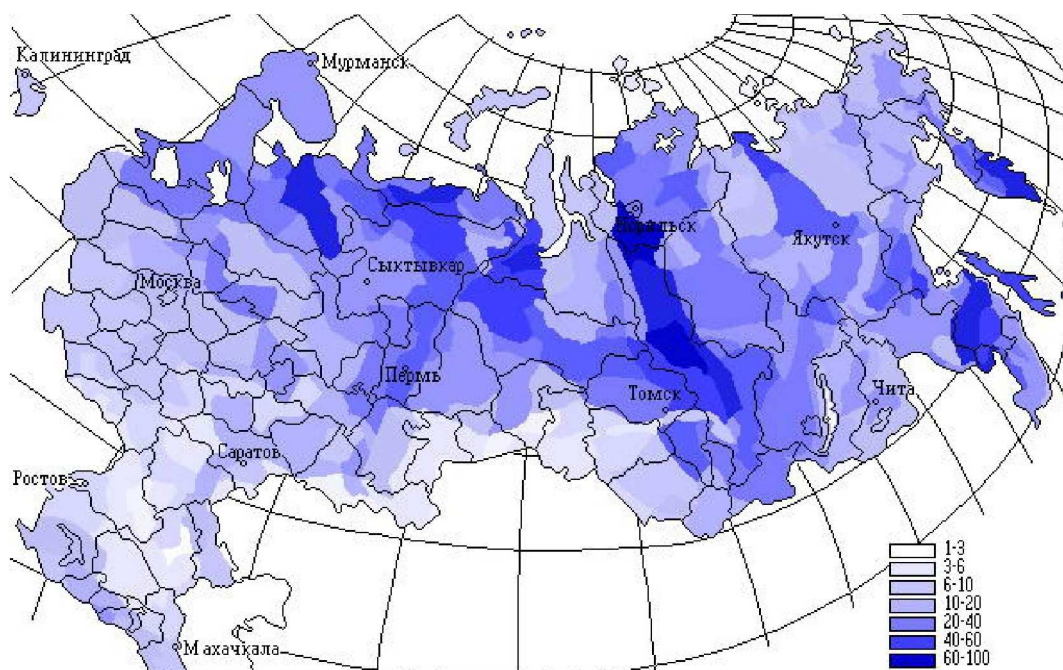


Рисунок 1 – Потенциальные запасы водных ресурсов России

В настоящее время общее количество сточной, непригодной для питья воды, составляет более 55 км³, из которых очистке подвергается только 10 %. Состав сточных вод зависит от содержания минеральных загрязнений – песка, глины, частичек руд, кислотных и щелочных растворов; органических загрязнений частиц дерева, бумаги, нефтяных продуктов; продукты жизнедеятельности человека и животных.

В России, загрязнение водоемов остается недопустимо высоким, даже с учетом значительного спада производства после дефолта. При этом объемы поступающих в окружающую среду сточных вод практически не уменьшается. Как следствие, происходит безвозвратная потеря ценных компонентов (солей, кислот, металлов, в первую очередь) и нерациональное использование сырьевых и энергетических ресурсов. Сильное загрязнение поверхностных и подземных вод требует их серьезной дополнительной очистке для последующего использования в технических целях в быту и в сельском хозяйстве, а также создания экологически целесообразных, ресурсосберегающих технологий.

Для очистки сточных вод обычно используют механические, химические и биологические методы. Представляет интерес разделение многокомпонентных сред многостадийным флотационным способом, с разделением комплекса пузырек-частица [1, 3, 7]. Наиболее полно разработаны и внедрены технологические процессы по физико-химической очистке сточных вод [2, 8, 14].

Вопросы нормирования содержания вредных компонентов в очищенных сточных водах и стандартизации видов загрязнений описаны в ряде публикаций [4, 15, 16]. Большое внимание исследователи уделяли выбору адсорбентов для очистки сточных вод [5, 6, 9, 10, 12]. Большую проблему представляет удаление из сточных вод нефте-содержащих веществ и продуктов их переработки и деструкции, а также солей тяжелых металлов [10–12, 14]. С целью оптимизации процесса очистки сточных вод мембранным и другими способами, использовали методы математического планирования эксперимента [13]. Таким образом, даже краткий обзор патентно-информационной литературы показал пути решения задач очистки сточных вод от вредных компонентов и реализации доступных способов охраны окружающей среды.

Цель работы заключалась в разработке биотехнологических и физических приемов очистки и нейтрализации сточных вод. К задачам исследования относилась:

- Оценка влияния электромагнитного поля низкой частоты на степень очистки сточных вод.
- Разработка способа газожидкостной флотации с использованием кислорода и диоксида углерода.
- Разработка конструкции флотационно-сорбционной установки, обеспечивающей эффективную очистку воды от загрязнений.
- Проведение скрининга промышленных микробных препаратов, деструкторов нефти, нефтепродуктов и других токсичных соединений, обладающих способностью к синтезу биосурфактантов (биоПАВ).
- Подбор природных сорбентов из числа вторичных ресурсов АПК.
- Проведение исследований по подбору искусственных сорбентов.
- Исследование сорбционной емкости шунгитового сорбента, доломитовой муки и торфяных гранул.
- Разработка математической модели системы промышленных стоков с последующим прогнозированием их функционального состояния на основе комплекса химических, биохимических и микробиологических показателей.
- Оценка эффективности внедрения комплексной технологии в условиях очистных сооружений ООО «Акварос».

Материалы и методы исследования

Материалами исследований служили образцы проб сточных вод, отобранных на различных стадиях поступления и очистки сточных вод в пруды компании «Акварос». Для решения поставленных задач использовали методы атомно – абсорбционной спектрофотометрии, потенциометрии, ИК – спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии и масс – спектрометрии. Для проведения анализов осуществляли подготовку проб с выделением взвешенных частиц, химических веществ и нефтепродуктов.

Результаты исследования

Несмотря на снижение общего количества поступающих на очистку сточных вод, наблюдаются частые залповые сбросы высокотоксичных веществ, приводящие к снижению эффективности системы восстановления окислительной функции микробно-ценозов активного ила.

При разработке систем оценок состояния экосистем окружающей среды необходимым является акцент на область нормирования антропогенных нагрузок из-за отсутствия звена «управление» в современном мониторинге, в особенности после того, как стала очевидной несостоятельность предельно допустимых концентраций и способов воздействия для целей комплексного экологического прогнозирования. Несмотря на острую потребность экологических норм антропогенных нагрузок в сфере управления, современная нормативная база и разработка экологически обоснованных норм не представляет единой системы, сильно разобщены и противоречивы. Одним из распространенных критериев, используемых в теории и практике экологического прогнозирования является биоиндикация. Однако известные биоиндикаторы слишком по-разному реагируют биологические объекты на действие загрязнителей. Возможно, лишь создать удобную в практической работе систему индикаторов на действие конкретных загрязнителей.

Только химические показатели не всегда могут дать полное представление о токсичности воды, без учета синергетических, кумулятивных и антагонистических эффектов многих загрязнителей.

Измерения концентрации веществ производятся только для определенного списка веществ, тогда как в сточных водах их содержание значительно больше. Поэтому необходимо комплексное применение биологических и химических методов для оценки качества воды.

Надо отметить, что совершенного метода анализа биоиндикации до сих пор не существует, так как необходим анализ состояния активного ила с учетом экологических условий реальных очистных сооружений, физико-химического состава и токсичности сточных вод. Известно, что использование аэротенков для биологической очистки промышленных сточных вод считается наиболее распространенным методом. Однако этот процесс позволяет разрушать только относительно простые органические соединения. К одному из главных недостатков процесса биологической очистки относится невысокая степень очистки биорезонансных соединений – токсичных веществ. Поэтому необходима интенсификация биологических процессов очистных сооружений.

Считаем, что иммобилизация микроорганизмов, обладающих особыми свойствами, на носителях является ценным технологическим приемом, позволяющим интенсифицировать процесс биологической очистки.

Недостаточная проработанность технологических режимов приводит к сбоям системы, часто приводящим к аварийным ситуациям, сопровождаемым залповыми сбросами производственных стоков, содержащих токсические компоненты. Следует усовершенствовать технологические процессы, позволяющие снижать степень влияния аварийных ситуаций и сокращать продолжительность периода стабилизации.

Необходимо разрабатывать новые или модернизировать существующие технологии очистки стоков. Одним из современных методов является создание и использование биосорбентов и биофлокулянтов.

Участниками проекта в течение многих лет проводятся исследования по изучению количественного и качественного составов микрофлоры водоемов и почвенных экосистем Краснодарского края, подвергшихся разным видам антропогенного воздействия.

Авторами также проведен ряд успешных работ в области биологической защиты экосистем с использованием микроорганизмов, способных деградировать различные загрязнители, включая и углеводороды. Были применены основные методы биоремедиации *in situ*, заключающиеся во внесении биопрепарата с определенным количеством биомассы жизнеспособных клеток; биостимуляция *in vitro*; биоаугментация (внесение микроорганизмов – деструкторов, выделенных из природных источников).

Определено и идентифицировано многообразие штаммов, участвующих в процессах биодеструкции углеводородов различной цепи. Основными исполнителями данного проекта выполняются работы, направленные на обоснование научных, сырье-

вых, экономических и экологических предпосылок для создания сорбентов с использованием вторичного сырья агропромышленного комплекса (АПК) Краснодарского края, в частности, лузги семян подсолнечника, шрота виноградной косточки – путем химической модификации их реологических свойств. Накопленный научно-технический потенциал способствует формированию модели эффективного хозяйственного оборота вторичных ресурсов АПК и топливно-энергетического комплекса. Получены Патенты РФ на изобретения по способу получения сорбента № 2319541, и способу восстановления загрязненных почв и грунтов № 2322312.

Участниками проекта также успешно проведены мониторинговые исследования состояния водных экосистем Краснодарского края, в том числе реки Кубань в пределах города Краснодара, водных экосистем Анапского района, прибрежных систем Черного моря. В результате микробиологических исследований определен обобщенный состав микрофлоры водных экосистем, выявлены индикаторные микроорганизмы, свидетельствующие о наличии загрязнителей, разработаны адсорбенты для удаления опасных компонентов из сточных вод. Характеристика сточных вод приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика сточных вод

Наименование среды	Исходная		После очистки		Температура	
	концентрация нефтепродуктов	концентрация взвешенных веществ	нефтепродукты	взвешенные вещества	мин	макс
Загрязненная вода	мг/л	мг/л			С	С
	100	2000	5	25	+1,0	

На рисунке 2 приведена установка для газожидкостной флотации сточных вод.

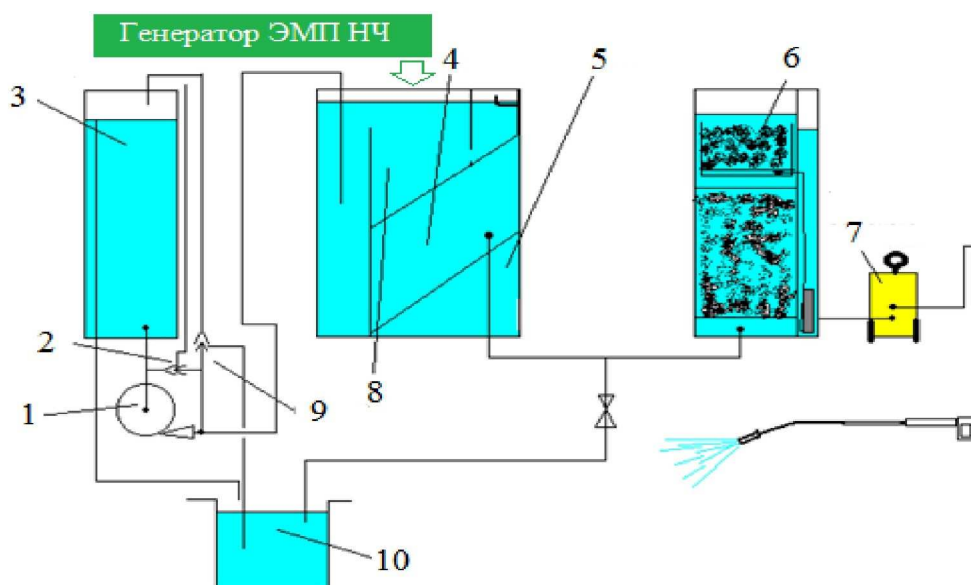


Рисунок 2 – Установка для флотационно-сорбционной очистки сточных вод:

1 – насос, 2 – подача газового реагента, 3 – флотационная емкость, 4 – отстойник, 5 – сборник шлама, 6 – сорбент, 7 – машина для мойки под давлением, 8 – газожидкостный флотатор, 9 – эжектор, 10 – приемок

На первой стадии очистки сточных вод проводится процесс флотации путем подачи кислорода или диоксида углерода (в зависимости от состава сточных вод), после чего вода поступает в тонкослойный отстойник 4 для облучения ЭМП НЧ, затем в сорбционный фильтр для механической очистки 6. Нефтешлам собирается в емкости 5, откуда направляется на утилизацию. На рисунке 3 приведена зависимость сорбционной емкости от продолжительности процесса сорбции.

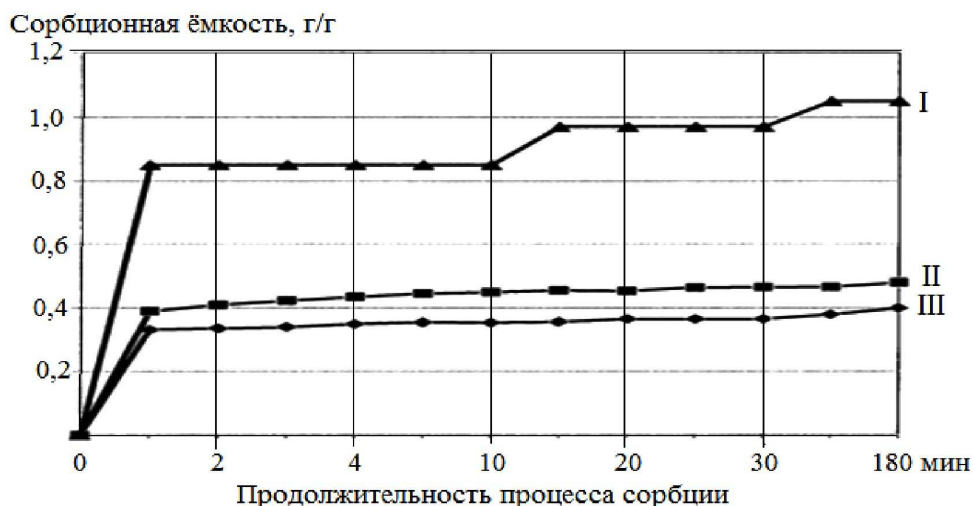


Рисунок 3 – Зависимость сорбционной емкости от продолжительности процесса сорбции:
I – шунгитовый сорбент, II – доломитовая мука, III – торф в гранулах

Как видно из данных рисунка 3, более высокой сорбционной емкостью обладает шунгитовый сорбент.

Обсуждение результатов исследования

В результате выполненных исследований разработана установка для флотационно-сорбционной очистки сточных вод, использующая принципы газовой флотации, удалении из раствора нежелательных компонентов природными сорбентами и электромагнитной обработки.

Впервые в технологической практике предложен способ обработки коммунальных и промышленных сточных вод электромагнитным полем низкой частоты. На основе использования активированного шунгитового сорбента, предложен и обоснован метод сорбционного фильтрования для очистки сточных вод коммунальных предприятий от загрязнений, содержащихся в стоках.

Выводы

Разработан способ очистки сточных вод с помощью обработки ЭМП НЧ, газожидкостной флотации и сорбционной очистки. Эти способы обработки были реализованы в конструкции флотационно-сорбционной установки, обеспечивающей эффективную очистку воды от загрязнений. Исследования показали, что наибольшей сорбционной емкостью обладает шунгитовый сорбент, в сравнении с доломитовой мукой и торфяными гранулами.

Разработанная технология рекомендуется для внедрения на предприятиях группы компаний «Акварос».

Литература:

1. Алексеев Е.Р. Очистка сточных вод флотацией. – Изд-во АСВ, 2015. – 160 с.
2. Алексеев Е.Р. Физико-химическая очистка сточных вод. – Изд-во АСВ, 2007. – 248 с.
3. Гетманцев С.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами. – Изд-во АСВ, 2008. – 272 с.
4. Руководящие указания для менеджмента коммунальных предприятий и оценке услуг удаления сточных вод : ГОСТ Р ИСО 24511-2009. – М. : Стандартинформ, 2009. – 50 с.
5. Двадненко М.В. Выбор адсорбента для очистки сточных вод / М.В. Двадненко, Н.М. Привалова, И.Ю. Кудаева, А.Г. Степура // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 10. – С. 213–214.
6. Климов Е.С., Бузаева М.В. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 201 с.
7. Ксенофонтов Б.С. Очистка сточных вод: кинетика флотации и флотокомбайны. – Изд-ва Инфра-М Форум, 2015. – 256 с.
8. Лепеш Г.В., Панасюк А.С., Чурилин А.С. Современные методы очистки сточных вод промышленных предприятий // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2016. – Выпуск № 3.

9. Машкова С.А. Очистка сточных вод с помощью природных сорбентов и их химически модифицированных аналогов : дис. ... канд. хим. наук : 03.00.16. – Владивосток, 2007. – 118 с.

10. Пат. РФ 2447935 Способ получения гидрофобного адсорбента для очистки природных и сточных вод от нефтепродуктов МПК С 02 F 1/28; В 01 J 20/30 / Л.А. Николаева, М.А. Голубчиков. Заявка № 2010144232/05, заявлено 28.10.2010. – Оpubл. 20.04.2012.

11. Привалова Н.М. Биологическая очистка промышленных нефтезагрязненных сточных вод / Н.М. Привалова, М.В. Двадненко, К.Ю. Хруцкий, Е.В. Лявина // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 5. – С 81–82.

12. Привалова Н.М. Очистка нефтесодержащих сточных вод с помощью природных и искусственных сорбентов / Н.М. Привалова, М.В. Двадненко, А.А. Некрасова, О.С. Попова, Д.М. Привалов // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2015. – Выпуск № 113. – 10 с.

13. Сеидова Н.М. Математические модели электромембранных процессов очистки воды с учетом реакции диссоциации-рекомбинации воды и пространственного заряда : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 03.00.16. – Краснодар, 2004. – 165 с.

14. Хамитова К.К. Разработка сорбционной технологии очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых и цветных металлов : автореф. дис. канд. техн. наук спец. 05.17.01 – Технология неорганических веществ. – Казахстан, г. Шымкент, 2010. – 20 с.

15. Хенце М. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы. – М. : Мир, 2006. – 480 с.

16. Яковлев С.А., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебник для вузов. – 2004. – Изд. 3-е, доп., перераб., – 704 с.

References:

1. Alekseev E.R. Sewage treatment by flotation. – DIA publishing house, 2015. – 160 p.
2. Alekseev E.R. Physical and chemical sewage treatment. – DIA publishing house, 2007. – 248 p.
3. Getmantsev S.V. Purification of production sewage with coagulants and flokulyantam. – DIA publishing house, 2008. – 272 p.
4. Guidelines for management of utility companies and an assessment of services of removal of sewage : GOST P ISO 24511-2009. – М. : Standartinform, 2009. – 50 p.
5. Dvadnenko M.V. The choice of adsorbent for sewage treatment / M.V. Dvadnenko, N.M. Privalova, I.Yu. Kudayeva, A.G. Stepura // Modern high technologies. – 2010. – No. 10. – P. 213–214.
6. Klimov E.S., Buzayeva M.V. Natural sorbents and complexons in sewage treatment. – Ulyanovsk : UISTU, 2011. – 201 p.
7. Ksenofontov B.S. Sewage treatment: kinetics of flotation and flotokombayna. – Infra-M Forum publishing houses, 2015. – 256 p.
8. Lepesh G.V., Panasyuk Ampere-second., Churilin A.S. Modern methods of sewage treatment of the industrial enterprises // Technical and technological problems of service. – 2016. – Release No. 3.
9. Mashkov S.A. Sewage treatment by means of natural sorbents and their chemically modified analogs : yew.... Cand. Chem. Sci.: 03.00.16. – Vladivostok, 2007. – 118 p.
10. Pat. the Russian Federation 2447935 Way of receiving hydrophobic adsorbent for cleaning natural and sewage from MPK C oil products 02 F 1/28; B 01 J 20/30 L.A. Nikolaeva, M.A. Golubchikov. The application No. 2010144232/05, it is stated 28.10.2010. – Opubl. 20.04.2012.
11. Privalova N.M. Biological purification of the industrial petropolluted sewage / N.M. Privalova, M.V. Dvadnenko, K.Yu. Hrutsky, E.V. Lyavina // Achievements of modern natural sciences. – 2009. – No. 5. – P. 81–82.
12. Privalova N.M. Purification of oil-containing sewage by means of natural and artificial sorbents / N.M. Privalova, M.V. Dvadnenko, A.A. Nekrasova, O.S. Popova, D.M. Privalov // the Polythematic network online scientific magazine of KubGAU. – 2015. – Release No. 113. – 10 p.
13. Seidova N.M. Mathematical models of electromembrane processes of water purification taking into account reaction of dissociation recombination of water and a spatial charge : yew.... edging. physical- a mat. sciences: 03.00.16. – Krasnodar, 2004. – 165 p.
14. Hamitova K.K. Development of sorption technology of purification of industrial sewage of ions of heavy and non-ferrous metals : author's abstract Cand. Tech. Sci. special 05.17.01 – Technology of inorganic substances. – Kazakhstan, Shymkent, 2010. – 20 p.
15. Henze M. Sewage treatment. Biological and chemical processes. – М. : World, 2006. – 480 p.
16. Yakovlev S.A., Yu.V. Ravens. Water disposal and sewage treatment : the textbook for higher education institutions. – 2004. – Prod. the 3rd, additional, reslave., – 704 p.