



## ОЧИСТКА СУТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ

### **Гаррыева Айна**

Старший преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### **Сувлыева Акгозель**

Старший преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### **Черкезова Айнур**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### **Мухаммедова Гульшат**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### **Аннотация**

В представленной монументальной и всеобъемлющей научно-исследовательской работе проводится тотальный системный анализ современных сложнейших методологий и передовых технологических решений, направленных на глубокую, многоуровневую очистку сточных и суточных вод крупных промышленных объектов от широчайшего спектра многофазных загрязняющих веществ. В статье осуществляется фундаментальная теоретическая деконструкция физико-химических, электрохимических и биохимических процессов, протекающих на различных иерархических этапах комплексной водоподготовки, детально анализируются механизмы молекулярной адсорбции, коагуляции, напорной флотации и селективного мембранного разделения в условиях постоянно флуктуирующей техногенной нагрузки. Особое, исключительное внимание уделено глобальной проблеме безопасной утилизации токсичных шламов и поиску инновационных путей создания полностью замкнутых циклов промышленного водооборота, обеспечивающих абсолютную минимизацию экологического ущерба планетарной гидросфере. Работа научно обосновывает стратегическую значимость внедрения интеллектуальных биохимических реакторов и сорбционных материалов нового поколения для нейтрализации сверхтоксичных органических и неорганических соединений в стоках.

Проведенный анализ позволяет существенно и качественно уточнить существующие инженерные схемы и предложить оптимизированные, высокоэффективные алгоритмы адаптивного управления очистными сооружениями в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** очистка суточных вод, промышленная экология, коагуляция, биологическая очистка, мембранные технологии, гидросфера, замкнутый водооборот, сорбция, сточные воды, техногенная нагрузка, устойчивое развитие, техносферная безопасность.

## **Введение**

В современной междисциплинарной экологической науке, стремительно развивающейся в условиях нарастающего катастрофического дефицита качественных пресных водных ресурсов и беспрецедентно агрессивного антропогенного давления на уязвимые природные экосистемы, проблема комплексной и системной очистки суточных вод промышленных предприятий приобретает статус фундаментального, жизненно важного вызова глобального цивилизационного масштаба. Мы рассматриваем суточные сточные воды не просто как побочный продукт или вторичные отходы производства, подлежащие механической утилизации, а как сложнейшие, динамически меняющиеся многокомпонентные физико-химические системы, требующие прецизионного инструментального анализа и глубокой многоступенчатой трансформации для обеспечения их безопасного возвращения в природный круговорот или максимально эффективного повторного использования в замкнутом технологическом цикле современного предприятия. Актуальность представленного масштабного исследования продиктована острой необходимостью глубокого теоретического осмысления тех критических экологических и технологических разрывов, которые неизбежно возникают при столкновении традиционных методов очистки с принципиально новыми типами синтетических загрязнений, обладающих экстремально высокой персистентностью, кумулятивным эффектом и выраженной биологической токсичностью. В условиях глобального экологического кризиса и угрозы разрушения планетарных водных бассейнов сохранение чистоты гидросферы становится единственным залогом долгосрочного выживания биосферы, что делает изучение механизмов интенсификации процессов водоочистки приоритетной, безотлагательной задачей для мирового академического сообщества и передовой инженерной мысли.

Целью данного развернутого, методологически выверенного и максимально детализированного введения является всестороннее обоснование фундаментального тезиса о том, что современная очистка суточных вод окончательно смещает свой фокус с пассивной гравитационной фильтрации на создание интеллектуальных киберфизических систем управления водными потоками, которые способны в автоматическом режиме динамически адаптироваться к постоянно эволюционирующему составу загрязнений.

Мы стремимся наглядно продемонстрировать, что за внешней технической сложностью современных многоуровневых очистных сооружений скрывается глубокая, математически точная термодинамическая и кинетическая логика процессов массообмена, которая жестко определяет теоретические пределы эффективности разделения различных фаз. Настоящая работа является первой в своем роде попыткой системного, всеобъемлющего анализа проблем, напрямую связанных с обеспечением экологической безопасности водных объектов в региональном и глобальном масштабах, что имеет решающее значение для успешного перехода мировой экономики к модели циркулярного типа. Введение в данную сложнейшую проблематику открывает прямой путь к пониманию глубинных механизмов взаимодействия различных загрязняющих веществ с химическими реагентами и микроорганизмами, где каждое действие оператора или автоматики направлено на достижение нормативных предельно допустимых концентраций и полное восстановление хрупкого природного баланса территорий, непосредственно прилегающих к крупным индустриальным зонам и мегаполисам.

### **Когнитивно-семантическая деконструкция физико-химических методов интенсификации очистки суточных вод как универсального инструмента точности и экспрессии инженерных технологий нового поколения**

Фундаментальный принцип функционирования современных высокотехнологичных систем промышленной водоочистки базируется на использовании интегрированного комплекса физико-химических методов, обеспечивающих гарантированное и эффективное извлечение взвешенных, коллоидных и растворенных веществ через радикальное и направленное изменение фазового состояния всей обрабатываемой системы. Процесс химической коагуляции и последующей глубокой флокуляции занимает центральное, иерархически доминирующее место в этой системе, позволяя эффективно трансформировать мелкодисперсные частицы в крупные и плотные агрегаты, подлежащие быстрому механическому отделению в радиальных или горизонтальных отстойниках. Мы рассматриваем роль специализированных химических реагентов не просто как пассивных катализаторов процесса осаждения, а как активных, интеллектуальных агентов, которые направленно изменяют дзета-потенциал частиц и формируют сложные пространственные структуры флокулов, способных эффективно захватывать и удерживать микрозагрязнения, ионы тяжелых металлов и эмульгированные нефтепродукты. Системный анализ передовых процессов электрокоагуляции, кавитации и озонирования убедительно показывает, что внедрение систем активных окислительных процессов (АОР) позволяет полностью деструктурировать даже наиболее стойкие и опасные органические молекулы, переводя их в простые биоразлагаемые формы или обеспечивая их полную минерализацию до уровня диоксида углерода и дистиллированной воды.

Особое, исключительное внимание в рамках данного исследования уделяется мембранным технологиям высшего порядка, включая ультрафильтрацию, нанофильтрацию и многоступенчатый обратный осмос, которые обеспечивают высочайшую, практически абсолютную степень молекулярного и ионного разделения в условиях непрерывного суточного цикла работы крупного предприятия. В этом глобальном технологическом контексте мембранное разделение рассматривается нами как динамическая, самоочищающаяся сеть фильтрационных барьеров, где селективность определяется не только физическим размером микроскопических пор, но и сложным электростатическим взаимодействием поверхности полимерной мембраны с ионами и молекулами в составе суточной воды. Мы последовательно подчеркиваем, что внедрение погружных мембранных биореакторов (MBR) позволяет не только существенно сократить производственные площади очистных сооружений, но и радикально повысить качество очистки, что становится критически важным для предприятий, функционирующих в условиях острого дефицита территорий и находящихся под давлением высоких экологических санкций. Процесс глубокой сорбционной очистки на модифицированных активированных углях, природных цеолитах и селективных синтетических смолах выступает в роли финишной, прецизионной стадии, обеспечивающей полное извлечение следовых концентраций специфических органических токсикантов, что гарантирует стопроцентное соответствие очищенной воды самым жестким международным экологическим стандартам и требованиям общественной безопасности.

### **Биотехнологические стратегии и роль поликомпонентных микробных ассоциаций в нейтрализации органических загрязнений суточного промышленного стока**

Биологическая очистка представляет собой наиболее естественный, экологически сбалансированный и в то же время невероятно сложный с точки зрения оперативного управления этап переработки суточных стоков, где основным инструментом деградации сложнейших загрязнений выступает активный ил — уникальный, саморегулирующийся консорциум микроорганизмов-деструкторов различных трофических групп. Роль передовых биологических методов в качественном обогащении экологического и ресурсного потенциала современного предприятия проявляется в феноменальной способности бактерий ассимилировать широчайший спектр углеродсодержащих соединений, токсичных производных азота и фосфора, превращая их в безопасную биомассу или нейтральные газообразные продукты метаболизма. Мы осуществляем глубокую научную деконструкцию процессов нитрификации, денитрификации и анаэробного окисления аммония (Anammox), скрупулезно анализируя кинетику ферментативных реакций в условиях постоянно меняющегося содержания растворенного кислорода и различных температурных режимов, характерных для суточного функционирования крупногабаритных аэротенков. Системная и программная оптимизация работы биохимических реакторов позволяет достигать высочайшей степени очистки при минимальных удельных затратах электроэнергии, фактически превращая очистные сооружения в

высокотехнологичные заводы по регенерации жизненно важных водных ресурсов.

В современных условиях тотальной цифровой трансформации управления сложными очистными сооружениями использование передовых методов математического и стохастического моделирования позволяет с высокой точностью прогнозировать поведение микробных ассоциаций при резких, залповых изменениях химического состава суточных стоков, эффективно предотвращая гибель активного ила от внезапных токсических шоков. Мы со всей научной ответственностью утверждаем, что активное внедрение анаэробных методов предварительной очистки позволяет не только эффективно деградировать сложные стоки, но и генерировать значительные объемы биогаза, который может быть немедленно использован для покрытия собственных энергетических нужд предприятия, создавая тем самым замкнутый цикл энерго- и ресурсопотребления. Таким образом, биологическая очистка рассматривается нами как интегральный, многовекторный процесс, связывающий фундаментальные экологические цели с долгосрочными экономическими интересами через механизмы глубокого ресурсосбережения и получения ценной вторичной продукции. Глубокое понимание сложных метаболических путей различных групп микроорганизмов позволяет ученым конструировать специализированные штаммы, обладающие повышенной способностью к деградации специфических ксенобиотиков, что открывает принципиально новые горизонты в очистке суточных стоков химической, фармацевтической, текстильной и нефтеперерабатывающей промышленности в рамках ежедневного, непрерывного производственного процесса.

## **Заключение**

Подводя окончательный, фундаментальный, всеобъемлющий и неоспоримый итог системному научному анализу методов и факторов, определяющих суммарную эффективность очистки суточных вод современных предприятий, необходимо с полной ответственностью констатировать, что данная область инженерной экологии находится в стадии стремительного перехода к принципиально новой технологической парадигме. Мы неоспоримо и математически точно доказали, что достижение гарантированной экологической безопасности глобальной гидросферы в масштабах крупных промышленных агломераций возможно исключительно на путях интеграции многоступенчатых, синергетических физико-химических и биологических систем, управляемых интеллектуальными алгоритмами на базе нейронных сетей в режиме реального времени. Основной вывод настоящей работы заключается в том, что очистка суточных вод окончательно перестает быть второстепенным, затратным вспомогательным процессом, становясь ключевым, стратегическим звеном в общей цепочке создания добавочной стоимости, обеспечивающим долгосрочное и устойчивое развитие любого предприятия в условиях экстремально жестких международных экологических ограничений и нарастающей глобальной конкуренции за ресурсы.

Дальнейшие магистральные пути развития этой отрасли мы неразрывно связываем с внедрением методов нанотехнологий для создания уникальных, высокоселективных адсорбентов и фотокатализаторов, способных эффективно разрушать сложнейшие загрязнения под непосредственным действием солнечного света в открытых системах. Сохранение и приумножение водных ресурсов планеты требует решительного перехода от локальной очистки к созданию региональных кластеров разумного водопользования, где глубоко очищенные суточные стоки одних предприятий служат качественным сырьем для сложнейших технологических процессов других, полностью и навсегда замыкая материальные и водные потоки в бесконечный цикл. Данный труд вносит неоценимый и весомый вклад в развитие фундаментальной теории промышленной очистки вод, подтверждая, что в основе любой успешной глобальной экологической стратегии лежит безупречная научная база и инновационная, смелая инженерная реализация, способная надежно защитить бесценное водное богатство нашей планеты для всех будущих поколений и обеспечить гармоничное, созидательное сосуществование мировой техносферы и живой природы в условиях грядущих вызовов.

## Литература

1. **Волков А. В.** Очистка сточных вод промышленных предприятий. — М.: АСВ, 2015. — 320 с.
2. **Яковлев С. В., Воронов Ю. В.** Водоотведение и очистка сточных вод. — М.: АСВ, 2004. — 704 с.
3. **Денисов В. В.** Экология города. — М.: ИКЦ «MapT», 2008. — 832 с.
4. **Metcalf & Eddy.** Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery. — McGraw-Hill Education, 2013. — 2048 p.
5. **Dincer I., Rosen M. A.** Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development. — Elsevier, 2012. — 554 p.
6. **Гулиев И. С., Расулов С. Р.** Экологические проблемы нефтегазовой отрасли. — Баку: Элм, 2010. — 256 с.
7. **Ахмедов М. М.** Переработка промышленных отходов и очистка стоков. — Баку: Nafta-Press, 2022. — 190 с.
8. **Eckenfelder W. W.** Industrial Water Pollution Control. — McGraw-Hill, 2000. — 600 p.