

МОДУЛЬ 3.  
ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ВОДОСБЕРЕЖЕНИЯ И ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ  
ЛЕКЦИЯ №13 – ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

РАССМАТРИВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ:

1. *Введение.*
2. *Рациональное водопользование в промышленном производстве.*
3. *Системы производственного водоснабжения.*
4. *Водосберегающие технологии в промышленности.*

*Введение.* Промышленность является необходимым условием экономического роста и также требует качественной воды в достаточном количестве. В 2018 г. забор воды, связанный с промышленными потребностями в Центральной Азии, составил 10.4 км<sup>3</sup>/год из 129 км<sup>3</sup>/год, или 8.1 %. В общей сложности за период 1997–2018 гг. потребности промышленности в водных ресурсах увеличились в совокупности на 32 % с 7.9 км<sup>3</sup>/год до 10.4 км<sup>3</sup>/год. Положительная динамика была зафиксирована во всех странах Центральной Азии начиная с 2000 г. Наиболее высокие темпы были зафиксированы в Таджикистане и Туркменистане. Эти страны и обеспечили основной прирост потребления воды в промышленности в регионе в течение периода. В разрезе стран региона потребление воды в промышленности их удельный вес составляет соответственно 15.4 % и 8 %. Казахстан (52.9 %) и Узбекистан (20.4 %) занимают лидирующие позиции, в Кыргызстане уровень потребления воды в промышленности практически не изменился и составляет 3.2 %.

Вода в промышленности используется в производственном процессе создания продукции и для охлаждения оборудования. Техническая вода используется для изготовления, обработки, промывки, разбавления, охлаждения или транспортировки продукта. Вода требуется металлургическим предприятиям, нефтеперерабатывающим заводам и предприятиям, производящим химическую, пищевую и бумажную продукцию. В энергетике вода необходима для генерации пара, а также в системах охлаждения. Интенсивное потребление воды промышленностью сопровождается образованием сточных вод со специфическими загрязнителями, что обуславливает большие затраты для очистки вод и особые требования к методам и технологии очистки.

Динамика потребления воды в промышленности Центральной Азии определяется общей экономической ситуацией в регионе, а также структурными факторами, которые приводят к изменениям агрегированной отраслевой структуры промышленного производства. Сейчас в отраслевой структуре доминируют отрасли, которые являются затратными на водные ресурсы и зависят от наличия достаточного количества воды. Основная доля совокупного промышленного выпуска в Центральной Азии приходится на такие индустриальные отрасли, как:

- горнодобывающая промышленность, включая все виды энергетических ресурсов;
- обрабатывающая промышленность, включая производство нефтепродуктов и переработку других энергоресурсов, а также металлургию и пищевую промышленность;
- электроэнергетика.

Энергетический сектор в широком определении, включая все виды энергоресурсов, выступает крупным потребителем водных ресурсов. Этот сектор играет особую роль в Центральной Азии. Его развитие имеет такое же принципиальное значение для управления водными ресурсами в регионе, как и сельское хозяйство. После распада СССР вопрос национальной энергетической безопасности в регионе приобрел такое же значение, как и вопрос продовольственной безопасности. Сложности распределения

энергоресурсов в это время привели к изменению режима *использования водных ресурсов* в бассейне Аральского моря – с *ирригационного на энергетический*.

Наличие и доступность топливно-энергетических ресурсов на территории стран региона определяют структуру их потребления. В структуре первичных энергоносителей основное место в Центральной Азии занимают газ, уголь и нефть. В советский период в регионе с учетом территориальных особенностей был создан топливно-энергетический комплекс, имеющий высокий уровень региональной интеграции. Объединенная энергетическая система Центральной Азии (ОЭС ЦА) обеспечивала устойчивый режим функционирования, надежность межреспубликанских поставок энергоресурсов и режим водопользования, который регулировался гидроэлектростанциями стран региона. ОЭС ЦА, включающая энергосистемы Узбекистана, южных регионов Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана и Туркменистана, была спроектирована на основе единых критериев функционирования системы с наименьшими затратами. Региональная энергетическая инфраструктура Центральной Азии, в свою очередь, входившая в состав ЕЭС СССР, была построена как интегрированная система, оптимально использующая доступные топливно-энергетические и гидроэнергетические ресурсы региона.

В 1990–2000 гг. суммарный объем производства топливно-энергетических ресурсов в странах Центральной Азии резко снизился, потребление их в этот период также сократилось. Основными причинами этому стали общий экономический спад, ослабление экономических и, соответственно энергетических взаимосвязей, ограниченность выхода на внешние энергетические рынки. Странам региона удалось преодолеть затяжной спад производства в топливно-энергетическом секторе, и с 2000 г. наблюдается рост добычи, переработки и экспорт угля, газа, нефти, что позволило обеспечить подъем национальных экономик региона.

Позитивным тенденциям в топливно-энергетическом секторе стран Центральной Азии способствовали реформы и структурные преобразования в отрасли, формирование новых хозяйственных отношений, основанных на рыночных принципах. Это дало возможность уделять большее внимание вопросам недропользования, налогообложения и ценообразования, объективно исчислять издержки производства, рентные платежи и доходы консолидированного бюджета.

Высокие цены на энергоресурсы, сложившиеся в период до 2016 г., после 2021 г. стимулировали работу топливно-энергетических отраслей стран региона. Вместе с тем инфраструктура энергосистем стран Центральной Азии нуждается в капитальном ремонте, модернизации и технической реконструкции. Более того, нерешенность вопросов синхронизации энергетических и ирригационных режимов работы водохранилищ снижает энергетическую и водную безопасность региона, мешает росту доверия в межгосударственном сотрудничестве и интеграционным процессам в целом.

Прогнозные расчеты показывают, что в странах Центральной Азии ожидается повышенное энергопотребление в период с 2020–2050 гг., вызванное динамикой развития экономики и ростом населения. Этот период совпадает с прогнозом активизации климатических изменений и устойчивой фазой сокращения водности в бассейнах Сырдарьи и Амударьи. При недостаточном накоплении объема водохранилищ их сработка на энергетические нужды может привести не только к сокращению выработки электрической энергии, но и дефициту воды в вегетационный период, потере многолетней регулирующей способности водохранилищ, ухудшению условий межгосударственного водопользования.

Сектор промышленности также уязвим перед риском нехватки воды, хотя и в меньшей степени, чем орошаемое земледелие. Меньшая зависимость обусловлена тем, что большой объем энергии в странах производится из ископаемого топлива. Тем не менее этот риск можно еще более снизить за счет улучшения трансграничного сотрудничества в области водных ресурсов и региональной торговли электроэнергией.

*Рациональное водопользование в промышленном производстве* – комплекс мер по уменьшению потребления воды и повышению качества переработки сточных вод в целях ресурсосбережения, охраны природы и для повышения экономической эффективности и технического уровня производства.

В условиях рыночной экономики использование водных ресурсов в промышленности, сводится к проблеме рационального использования. Создание малоотходных технологических процессов и безотходных производств одно из главных направлений повышения технического уровня производства, как важнейшего фактора повышения эффективности использования водных ресурсов и их охраны. В области использования водных ресурсов весьма актуальная проблема – создание замкнутого промышленного водоснабжения с полной утилизацией теплых вод, городских сточных вод и ливневого стока.

В основу принципов рационального использования водных ресурсов в промышленности положены водосберегающие, прогрессивные технологические процессы, исключающие загрязнение водных объектов вредными выбросами. В этой связи во многих отраслях промышленного производства предстоит пересмотр и замена существующих технологий на безотходные и маловодные технологии.

Водопотребление предприятия зависит от целого ряда факторов: характера использования воды; объема и вида выпускаемой продукции; технологии производства; системы промышленного водоснабжения. Вода на предприятии выполняет различные функции:

- используется в качестве промышленного сырья, растворителя или реакционной среды;
- экстрагентная – для извлечения из продукта или сырья нежелательных примесей; для очистки газообразных выбросов; очистки твердых отходов от водорастворимых компонентов; мойки оборудования;
- охлаждающая – для использования в качестве хладагента;
- транспортирующая – в качестве транспортирующего агента (например, на горно-обогатительных комбинатах);
- использование воды в качестве теплоносителя.

На суммарное водопотребление предприятий влияние оказывают вид выпускаемой продукции и объемы выпуска. Расход воды на единицу выпускаемой продукции может составлять от нескольких м<sup>3</sup> до нескольких тысяч м<sup>3</sup>. Расходование воды в различных отраслях промышленности на единицу продукции (м<sup>3</sup>/тонн) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расход воды на единицу выпускаемой продукции, (м<sup>3</sup>/тонн) \*

Продукция	Расход воды, (м <sup>3</sup> /тонн)
Уголь	3-5
Нефть (переработка)	30-5-
Сталь	50-150
Чугун	150-200
Бумага	200-400
Химические удобрения	300-600
Хлопчатобумажные ткани	300-1000
Синтетическое волокно	2500-5000

Нормы расходования воды определяются технологическими расчетами для каждой конкретной технологии.

Высокие нормы водопотребления и, как следствие, большие сбросы сточных вод в водоемы, являются, как правило, результатом несовершенства существующих технологических процессов и схем водного хозяйства, что приводит к повышению себестоимости продукции и неблагоприятному воздействию на окружающую среду.

Дефицит свежей чистой воды, постоянно растущее водопотребление и необходимость охраны водных источников от загрязнения и истощения требуют разработки новых путей решения проблемы обеспечения предприятий водой. Одним из основных путей решения этой проблемы является уменьшение забора свежей воды из источников и уменьшение сброса в них отработанных вод за счет повторного использования воды в производстве и создания замкнутых систем водоснабжения. Эффективным средством рационального использования воды в производстве является повторное использование доочищенных бытовых сточных вод. Решающую роль в этом играет разработка новых технологий очистки воды и совершенствование технологических процессов.

*Системы производственного водоснабжения.* Существует три основные схемы промышленного водоснабжения: прямоточная схема, прямоточная схема с повторным использованием воды и оборотная схема. Существуют также комбинированные схемы водоснабжения, включающие элементы прямоточных и комбинированных схем.

Существует три основные схемы промышленного водоснабжения: прямоточная схема, прямоточная схема с повторным использованием воды и оборотная схема. Существуют также комбинированные схемы водоснабжения, включающие элементы прямоточных и комбинированных схем, рисунок 1.

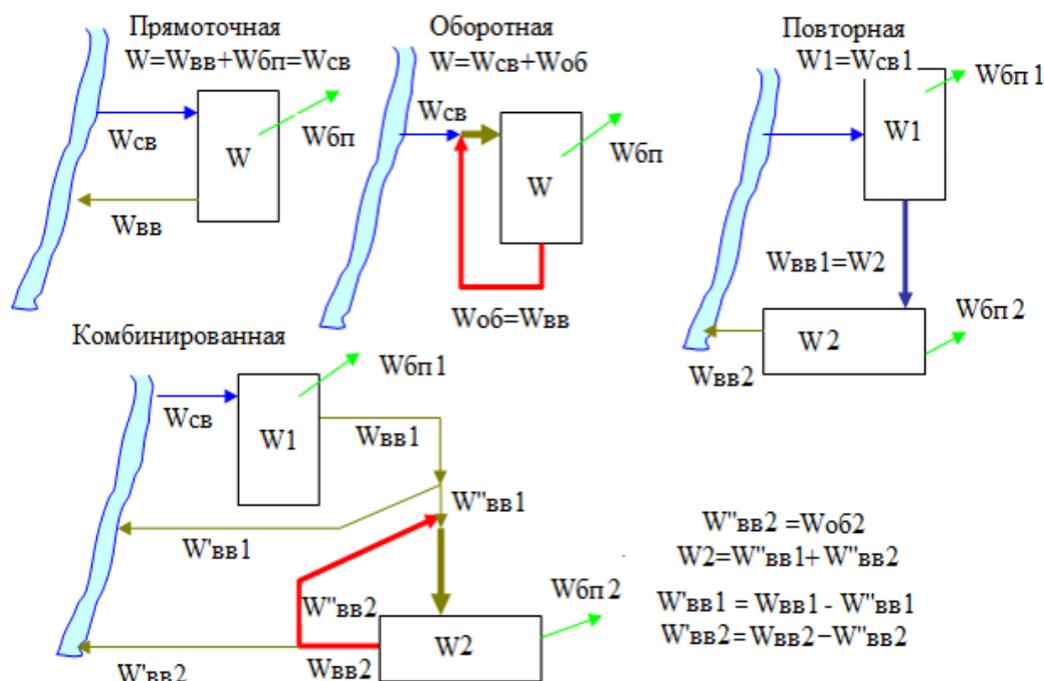


Рисунок 1 – Схемы промышленного водоснабжения\*

$W$  - объем воды необходимый для выпуска продукции;  $W_{св}$ - объем свежей воды забираемый из источника;  $W_{бп}$ - объем безвозвратного водопотребления (вода, входящая в состав продукции, испаряющаяся, теряемая в виде утечек);  $W_{вв}$ - возвратные воды;  $W_{об}$ - объем сточных вод, используемых в оборотной системе водоснабжения.

При прямоточной схеме из водного источника забирается все необходимое для водопотребителей количество воды. Отработанная вода сбрасывается обратно в водный объект.

Система повторного использования воды представляет собой такую систему водного хозяйства, в которой свежая вода, пройдя технологический цикл на одном из производств, участвует в технологическом процессе другого производства. Применение такой схемы позволяет сократить суммарный расход свежей воды из водоисточника. Она может рассматриваться как усовершенствованная прямоточная система, когда источник водоснабжения не может полностью обеспечить необходимый расход воды.

С целью сокращения забора свежей воды из источников водоснабжения и защиты их от загрязнений широкое применение находят оборотные системы водоснабжения. В таких системах вода после участия в технологическом процессе не сбрасывается в водоисточник, а подвергается обработке и вновь возвращается на предприятие. Потери, имеющие место в производстве, восполняются из водоисточника.

Все системы, использующие воду в обороте, подразделяются на локальные, централизованные и смешанные. В локальных системах вода после восстановления потребительских свойств используется в обороте одного или последовательно в нескольких технологических процессах. В централизованных оборотных системах вода после различных операций проходит обработку единым потоком, после чего возвращается в производство.

В зависимости от изменения качества воды в процессе ее использования оборотное водоснабжение подразделяется на:

- «чистые циклы» – для воды, которая при использовании только нагревается;
- «грязные циклы» – для воды, которая только загрязняется;
- «смешанные циклы» – для воды, которая при использовании одновременно и нагревается, и загрязняется.

*Водосберегающие технологии в промышленности.* Дефицит пресной воды требует кардинального изменения технологических схем производства, широкого внедрения маловодных и безводных схем, а также создания замкнутых безотходных производственных циклов. В самом общем виде замкнутая система водного хозяйства промышленного предприятия включает в себя:

1. локальные оборотные (замкнутые) системы;
2. централизованные (замкнутые) системы;
3. охлаждающие локальные (централизованные) оборотные (замкнутые) системы;
4. системы последовательного использования воды в нескольких технологических операциях с передачей воды из одной оборотной системы в другую.

Водосберегающие технологии являются основой рационального использования водных ресурсов. Многообразие промышленного производства обуславливает и разнообразие водосберегающих мероприятий. Их общая задача – сократить удельный расход воды (на единицу выпускаемой продукции) и расход свежей воды.

В настоящее время положительные примеры водосберегающих технологий имеются во многих отраслях промышленного производства. В химической промышленности освоен способ получения аммиака, позволяющий сократить расходы чистой воды в десятки раз, кроме того, при производстве аммиака по новой технологической схеме отходы в окружающую среду не поступают. Таким образом, важным направлением рационального использования воды в промышленности являются разработка и широкое внедрение систем оборотно-повторного технического водоснабжения на базе очищенных сточных вод, а также разработки и внедрение замкнутых систем. В общем виде структура водосберегающих мероприятий приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Структура водосберегающих мероприятий\*\*

Водосберегающие мероприятия разрабатывают в зависимости от функционального использования воды. Замена водяного охлаждения воздушным, применение систем и сооружений сухой очистки газов и воздуха аспирационных систем от пыли, испарительного и форсуночного охлаждения, противоточно-каскадных систем промывки, пневмогидравлических систем транспортирования и другие технические решения позволяют сократить удельное потребление воды в среднем от 20 до 30 %. Большое значение для этого имеет развитие систем автоматического контроля и управления процесса водопотребления, укрупнения единичных мощностей и агрегатов, борьба с потерями и утечками, за счет которых может быть сокращено потребление воды на 10–15 %.

Потребление воды из природных источников можно сократить в результате многократного ее использования в промышленности и привлечения очищенных или частично очищенных сточных вод.

Одним из эффективных водосберегающих мероприятий в промышленности является внедрение оборотных систем водоснабжения, которые позволяют существенно снизить забор свежей воды и сократить сброс отработанных вод в водоёмы. При создании этих систем необходимо учитывать не только техническую и экономическую стороны проблемы, но и экологическую

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Винокуров Е., Ахунбаев А., Усманов Н., Цукарев Т., Сарсембеков Т. Инвестиции в водно-энергетический комплекс Центральной Азии, 2021, Доклады и рабочие документы. Евразийский банк развития.
2. Ясинский В., Мироненков А., Сарсембеков Т. Инвестиционные риски, связанные с влиянием глобального изменения климата на водные ресурсы Центральной Азии. Евразийская экономическая интеграция, 2010, №1(6). С. 68–75.
3. Первов А. Г. Водоснабжение промышленных предприятий / Учебник. Москва: «Инфра – Инженерия», 2022. – 435 с.
4. Новикова О. К., Ратникова А. М. Водоснабжение промышленных предприятий / Учебное пособие. Гомель: БелГУТ, 2021. – 223 с.
5. Яковлев С. В., Губий И.Г., Павлинова И. И. Комплексное использование водных ресурсов / Учебное пособие. Москва: Высшая школа, 2008. – 383 с.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Для магистрантов подготовлены вопросы для закрепления материала лекции «Водосберегающие технологии в промышленности».

1. В зависимости от изменения качества воды в процессе ее использования обратное водоснабжение подразделяется на несколько циклов, назовите их, дайте характеристики всех циклов.

2. Структура водосберегающих мероприятий.

3. Замкнутая система водного хозяйства промышленного предприятия, опишите ее.

4. Прямоточная схема промышленного водоснабжения.

5. Прямоточная схема с повторным использованием воды.

6. Обратная схема промышленного водоснабжения.

7. Водопотребление предприятия зависит от целого ряда факторов: характера использования воды; объема и вида выпускаемой продукции; технологии производства; системы промышленного водоснабжения. Вода на предприятии выполняет различные функции, опишите эти функции.

8. Основная доля совокупного промышленного выпуска в Центральной Азии приходится на такие индустриальные отрасли, перечислите эти отрасли.

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Список тем для выполнения кейс-задания:

1. Системы водоснабжения промышленных предприятий.
2. Водопользование в промышленности и теплоэнергетике.
3. Обработка воды производственного назначения.
4. Проектирование водоочистных комплексов промышленного водоснабжения.
5. Особенности водоснабжения предприятий различных отраслей промышленности.

*Цель самостоятельной работы* – формирование умения анализировать большой объем информации, принятие решений. Кейс-задание – метод обучения, основанный на разборе практических проблемных ситуаций – кейсов, связанных с конкретной проблемой, виды кейсов: аналитические, иллюстративные.

*Выполнение задания:*

1. Подготовить основной текст с вопросами для обсуждения:
  - титульный лист с кратким запоминающимся названием кейса;
  - введение, где упоминается основная проблема;
  - основная часть, где содержится главный массив информации по исследуемой проблеме;
  - заключение (в нем решение проблемы, рассмотренной в кейсе).
2. Подобрать приложения с подборкой различной информации, передающей общий контекст кейса (графики, схемы, документы, публикации, иллюстрации, видео и др.).
3. Предложить возможное решение проблемы.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13 МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Цель – рассмотреть и проанализировать методы очистки сточных вод промышленных предприятий.

### РАССМАТРИВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ:

- 1. Механическая очистка сточных вод (процеживание, отстаивание, фильтрование).*
- 2. Химические методы очистки промышленных стоков (нейтрализация, окисление, восстановление).*
- 3. Физико-химические методы (коагуляция, флотация, ионный обмен, кристаллизация, аэрация и т. д.).*
- 4. Биологические методы очистки сточных вод (аэробный метод, анаэробный метод).*

Форма выполнения – индивидуальная научно-исследовательская работа.

Подбор технологии и методов очистки стоков промышленных предприятий – сложная задача и вызов для производителей очистных сооружений и инженеринговых компаний. Главная сложность заключается в том, что разные предприятия генерируют разные стоки как по составу, так и по количеству, и каждый раз технологию очистки нужно подбирать исходя из конкретных показателей загрязнений и производительности.

Методы очистки промышленных стоков: механический, химический, физико-химический, биологический. Снижение количества сточных вод и водопотребления ведет к существенному снижению энергозатрат и увеличивает экономическую выгоду. В ходе выполнения индивидуальной научно-исследовательской работы рекомендуется проанализировать достоинства и недостатки каждого метода.

---

Данный модуль подготовлен при поддержке Регионального проекта USAID по водным ресурсам и окружающей среде  
[Facebook.com/CentralAsiaForWaterAndEnvironment](https://www.facebook.com/CentralAsiaForWaterAndEnvironment)

Данная публикация стала возможной благодаря помощи американского народа, оказанной через Агентство США по международному развитию (USAID). Tetra Tech несет ответственность за содержание публикации, которое не обязательно отражает точку зрения Правительства США.