

МОДУЛЬ 3.
ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ВОДОСБЕРЕЖЕНИЯ И ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ
ЛЕКЦИЯ №14 – ВОДОСБЕРЕЖЕНИЕ В КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОМ
ХОЗЯЙСТВЕ

РАССМАТРИВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ:

1. *Введение.*
2. *Водоснабжение и водоотведение городов и населенных мест.*
3. *Пути экономии воды в коммунально-бытовом хозяйстве.*
4. *Водоотведение и очистка сточных вод.*

Введение. Относительный и абсолютный рост городского населения и заселенных территорий наблюдается в Центральной Азии с 1990 г. этот демографический тренд, а также развитие промышленности, использующей доступ к воде через общие распределительные системы, выступили основными факторами увеличения потребления коммунально-бытовым сектором в Центральной Азии. За период с 1997 г. по 2018 г. потребности коммунально-бытового сектора Центральной Азии в водных ресурсах увеличились в совокупности на 48 %, или на 2.6 км³/год (с 5.3 до 7.9 км³/год), это 6.1 % совокупного водозабора. Значительное увеличение водопотребления было зафиксировано в Казахстане и Таджикистане. С учетом высокого удельного веса в регионе Казахстан обеспечил основной прирост потребления воды (46.9%) в коммунально-бытовом секторе в Центральной Азии. Положительная динамика наблюдалась также в Туркменистане. Напротив, сокращение потребления было зафиксировано в Кыргызстане и Узбекистане.

Улучшение доступа к чистой воде и соответствующей инфраструктуры водоснабжения также способствовало увеличению объема водозабора. Данные тренды должны сохраниться в долгосрочной перспективе. Одновременно со значительным увеличением населения в Центральной Азии прогнозируется усиление процесса урбанизации: к 2050 г. в городах будет проживать 65 % населения (48.4 % в 2021 г.).

Несмотря на улучшение в сфере водоснабжения, достигнутые в последнее десятилетие, для стран Центральной Азии остаются все еще нерешенными и сложными проблемы надежного водоснабжения и санитарии в сельской местности.

Водоснабжение и водоотведение городов и населенных мест.

Современные системы водоснабжения городов и населенных мест представляют собой сложные технические системы, обеспечивающие прием природной воды, ее очистку с последующей подачей и распределением воды потребителям. Наиболее распространены многофункциональные системы водоснабжения, предназначенные для питьевого, бытового, хозяйственного, производственного и противопожарного водоснабжения. Состав и свойства воды при любом типе водоисточника, способе обработки и конструктивных особенностях водопроводной сети должны обеспечивать безопасность в эпидемиологическом отношении, безвредность химического состава и благоприятные органолептические свойства. Среднесуточное водопотребление служит отправной точкой определения расчетного расхода воды, который необходим для удовлетворения потребности населения в любое время года, месяца, недели, включая сутки наибольшего водопотребления.

Параметры водопроводных сооружений систем водоснабжения городов и населенных мест рассчитывают на определенный расчетный период, который может

включать несколько очередей строительства, учитывающих перспективу развития города и повышения уровня благоустройства потребителей воды.

Расход воды, на протяжении которой рассчитывают элементы системы водоснабжения, изменяется в течение кварталов года, месяцев сезона, часов суток и минут часа. Эти колебания водопотребления необходимо учитывать при проектировании системы водоснабжения с заданным уровнем благоустройства. Рост численности населения и увеличение норм водопотребления поддаются прогнозу. Данные о прогнозе развития города учитывают в процессе проектирования новых систем водоснабжения путем резервирования дополнительных площадей для развития тех или иных элементов, предусмотренных очередностью строительства. Сезонные изменения водопотребления определяют главным образом миграция населения и климатические факторы, характерные для заданного места расположения города.

Параметры водопроводных сооружений системы рассчитывают таким образом, чтобы удовлетворить потребности населения в воде в период сезонных циклов. При подборе насосного оборудования и особенно при технико-экономическом расчете водоводов и водопроводных сетей учитывают кратковременность периодов максимального водопотребления.

Водопроводные сооружения системы водоснабжения должны иметь достаточную производительность для гарантированной подачи воды в сутки «максимального водопотребления». При этом допускается форсированный режим работы – повышенные скорости движения воды в трубах водопроводных сетей, выход насосов из зоны оптимальных значений коэффициентов полезного действия, повышенный расход реагентов на очистных сооружениях и т.п.

Водопотребление зависит от степени благоустройства зданий, численности населения и климатических условий населённого пункта или города. Неравномерность водопотребления наблюдается в течение суток: максимальный расход воды – в середине дня, минимальный – ночью. Существенно возрастает водопотребление в праздничные и предвыходные дни.

Потребность человека в воде определяется путем статистической обработки данных, полученных на основе медико-гигиенических исследований. В современных условиях среднее удельное водопотребление в городах и населенных пунктах составляет около 250 л/(сут×чел). В настоящее время разработаны мероприятия по приостановлению роста водопотребления. Сокращение норм коммунального водоснабжения позволит уменьшить общие потребности в воде. Для решения данной проблемы необходимо строительство отдельных систем питьевого и технического водоснабжения.

С целью сокращения непроизводительных расходов воды (утечек воды через неплотности труб, арматуры, санитарно-технического оборудования жилых и общественных зданий) рекомендуется регулировать напор воды в зданиях в зависимости от их высоты (применение систем зонирования по требуемой величине напора, исключение чрезмерных напоров воды, внедрение насосно-силового оборудования с регулируемой частотой вращения и др.).

Коммунально-бытовое водопотребление предъявляет чрезвычайно высокие требования к качеству воды и к бесперебойной ее подаче. В первую очередь и при любых экстремальных условиях люди должны быть обеспечены водой.

Пути экономии воды в коммунально-бытовом хозяйстве.

Инженерные системы зданий и сооружений должны быть не только надежными, но и энерго- и ресурсоэффективными. Мероприятия по энерго- и ресурсосбережению включают в себя:

- установку приборов учета количества потребленной воды и тепла;

- расчет и правильный выбор повысительных установок, сантехнического оборудования;
- применение систем повторного использования воды в зданиях и сооружениях;
- накопление и возврат в системы водоснабжения дождевых вод для технических и бытовых целей.

Культура потребления воды опирается на систему учета. Для повышения эффективности водопользования в настоящее время используются как устройства для контроля за водопотреблением (общедомовые или индивидуальные счетчики), так и приборы для его снижения.

Сантехническое оборудование, разработанное в настоящее время с целью сокращения расхода воды, можно объединить в две большие группы.

К первой из них относятся санприборы и их модификации, уменьшающие поток воды через смесители, а ко второй – устройства, ограничивающие слив воды из бачка унитаза. Конструкторы разработали различные варианты оборудования, позволяющего на 15–70 % уменьшить водопотребление при мытье рук и посуды, а также при приеме душа или ванны, а именно:

- однорычажные смесители;
- термостатические смесители, предназначенные для поддержания задаваемой пользователем температуры горячей воды;
- аэраторы (перляторы), подмешивающие к воде воздух, благодаря чему струя меньшего напора приобретает лучшие моющие качества и кажется более интенсивной и мягкой;
- автоматические клапаны, выключающие водопроводные краны, – металлические стержни, при надавливании на которые вода подается, а при отпускании – постепенно останавливается;
- приборы контроля подачи воды – устройства с инфракрасными датчиками или радарными системами, которые включают подачу воды при поднесении к ним рук и выключают после их отлучения.

Еще одна группа приборов повышенного водопотребления – унитазы, где фиксируется нерациональный расход воды при смыве.

В настоящее время наиболее распространенными вариантами водосбережения при использовании смывного бачка, призванными не только экономить воду, но и обеспечивать необходимую гигиену, является система прерывания смыва «старт/стоп» и двухрежимная арматура сливного механизма, позволяющая сливать как весь объем воды в бачке (обычный режим), так и его половину (режим экономии). В таких бачках кнопка (клавиша) слива разделена на две части (реже устанавливаются две отдельные клавиши). Кроме того, в последние годы на рынке сантехники появились бачки с поворотной ручкой для регуляции объема смываемой воды.

Разработки сантехнических приборов большинства европейских производителей направлены на то, чтобы потребители могли экономить воду. Для этого в смесители, душевые лейки, в конструкции унитазов внедряются технологии водосбережения. Менее всего экономичны двухвентильные модели смесителей, в которых при пользовании более длительна «настройка» потока нужной температуры и интенсивности, поэтому в однорычажные системы заложено несколько способов экономии воды, в том числе и горячей.

Почти каждый современный смеситель оснащен аэратором – устройством, встроенным в устье излива. Подмешивание на выходе в струю воздуха дает как минимум 10–15 % экономии воды (более 5 м³ воды в год). Конструкция аэратора представляет собой совокупность пластиковых и резиновых сеток с системой быстрой очистки аэратора от соли кальция с очень мелкими ячейками, сложенными одна за другой последовательно в цилиндрический стаканчик.

Образцом водосбережения являются бесконтактные модели смесителей. Бесконтактные смесители оборудованы оптическим датчиком (инфракрасный сенсор) движения и электронным модулем, который активизирует расход воды. Магнитный клапан запирает или пускает в излив уже смешанную воду, температуру которой устанавливают заранее с помощью наружного регулятора-рычажка на корпусе или встроенного в смеситель винта регулировки. Питание смесителя производится от батареи (6 В) либо от сети переменного тока (220 В). Применение бесконтактных моделей смесителей исключает неэкономный расход воды и реализует функцию автоматического включения и выключения подачи воды.

Оптимальным способом обеспечения энерго- и водосбережения, а также комфорта следует признать термостатический смеситель. Внутри корпуса термостата расположен термозлемент, регулирующий температуру смешанного потока. Существенное преимущество такого смесителя – возможность работы в экономном режиме, когда пользователь сам устанавливает оптимальный расход воды.

В новые модели и конструкции унитазов также внедрены водосберегающие технологии, когда под умывальником расположен бак-накопитель «серой» воды, которая используется для смыва в унитазе.

На водоснабжение жилья в мире в целом требуется почти 8 % мирового расхода пресной воды, причем оно крайне неравномерно по странам. Исследования европейских ученых показали, что самые расточительные в плане потребления воды – итальянцы: в сутки они расходуют в среднем 220 л. Самыми же бережливыми оказались бельгийцы: у них на каждого человека приходится всего 108 л в день. Англичане, которые до сих пор моют руки в наполненной раковине, а не под проточной водой, за день используют 136 л, немцы – 146, французы – 159, финны – 151, а норвежцы – 175 л.

К основным способам экономии воды в домашнем хозяйстве следует отнести:

- установку рассекателя струи с мелкими отверстиями;
- использование для ванны термостатических смесителей;
- замену двухвентильных (с двумя кранами) смесителей однорычажными, которые экономят 7–9 л воды в минуту при подборе нужной температуры. Однорычажные смесители с аэрацией, ограничителем потока и переустановкой картриджа могут обеспечить экономию расхода воды 40–60 %, а электронный смеситель с инфракрасным датчиком дает до 70 % экономии расхода воды;
- установку смесителей с аэраторами;
- использование водосберегающих душевых леек с подмесом воздуха в душевую сетку;
- использование душевых гарнитур с кнопкой «пауза», клавишей Eco, термостатом, аэрацией которое дает экономию расхода воды 40–50 %;
- установку унитаза с двойным смывом.

Одна из главных мер – борьба с утечками, которые происходят через неплотности труб, арматуры и санитарно-технического оборудования (только в жилых зданиях они составляют до 25 % объема воды, отпускаемой населению, для их сокращения необходимо регулировать напор воды в зависимости от высоты зданий, использование совершенной запорно-пусковой арматуры, применение насосно-силового оборудования с регулируемой частотой вращения);

Внедрение раздельного водопровода для коммунального и промышленного водоснабжения позволит сэкономить воду высокого качества для питья, а для других коммунальных нужд (мытьё машин, полив улиц и зеленых насаждений) использовать воду более низкого качества и с меньшей обеспеченностью, например неочищенную речную или дочищенные коммунальные стоки;

Коммунально-бытовое водоснабжение имеет невысокое безвозвратное водопотребление, то есть собирается большая часть использованной воды, широкое

внедрение канализации увеличит количество сточных вод, которые можно использовать повторно для орошения или в промышленности, это дает общую экономию воды;

Водоотведение и очистка сточных вод. В процессе жизнедеятельности человека вода загрязняется веществами органического и минерального происхождения. Изменяются и её физические свойства. Такие воды принято называть сточными.

Сточные воды представляют собой жидкие отходы, образующиеся в результате бытовой и производственной деятельности людей, а также организованного удаления с территорий атмосферных осадков и подразделяются:

- дождевые – образующиеся в результате выпадения атмосферных осадков;
- на сточные воды населенных мест – смесь бытовых и промышленных сточных вод;
- производственные – от технологических операций на предприятиях;
- оросительных систем – дренажные воды.

Сточная вода служит благоприятной средой для развития разнообразных микроорганизмов, в том числе и патогенных, являющихся возбудителями и распространителями инфекционных болезней. Загрязняя окружающую среду, сточные воды одновременно создают условия для возникновения болезней человека и эпидемий. В сточных водах могут содержаться и токсические вещества (кислоты, щелочи, соли и др.), способные вызвать отравление живых организмов и гибель растений. В сточных водах содержатся также загрязнения минерального, органического и бактериального происхождения. Степень их загрязнения определяется показателями санитарно-химического анализа. К ним относятся БПК, ХПК, содержание биогенных элементов, реакция среды, температура и др.

Производственные сточные воды различных отраслей промышленности содержат различные загрязнения и различные их концентрации. Для решения вопроса сбора, отведения и обезвреживания атмосферных осадков важное значение приобретает анализ повторяемости месячных и сезонных сумм осадков различной величины и суточный максимум осадков различной обеспеченности. В дождевых водах содержится значительное количество нерастворенных минеральных органических примесей.

Необходимость строительства водоотводящих систем диктуется санитарными требованиями и стремлением к улучшению жилищно-бытовых условий.

Комплекс инженерных сооружений и санитарных мероприятий, предназначенных для сбора, отвода (транспортирования) за пределы обслуживаемых объектов, очистки, обезвреживания и обеззараживания загрязненных сточных вод и выпуска их в водоемы, называется водоотводящей системой. Водоотводящие системы также обеспечивают отвод и очистку вод, образующихся вследствие выпадения атмосферных осадков и таяния снега.

Водоотводящая система содержит следующие элементы: водоотводящую систему в зданиях и внутриквартальные водоотводящие сети; внешнюю водоотводящую сеть; регулирующие резервуары; насосные станции и напорные трубопроводы; очистные сооружения; выпуски очищенных сточных вод в водоем и аварийные выпуски; дождеприемники; ливнепуски.

Отличие по составу и свойствам загрязнений бытовых производственных и дождевых сточных вод обуславливает разные методы их очистки, а также необходимость раздельного их отведения.

Системы подразделяются на общесплавные, раздельные и комбинированные. В свою очередь, раздельные системы подразделяются на полные раздельные, неполные раздельные и полураздельные.

Общесплавная система водоотведения имеет одну водоотводящую сеть, предназначенную для отвода сточных вод всех видов: бытовых, производственных и дождевых. Общесплавная система имеет на главном коллекторе ливнепуски, через которые часть смеси сточных вод сбрасывается в водоём. Объем сточных вод и

количество загрязнений, сбрасываемых в водоем, ограничиваются расходом реки в реке и ее самоочищающейся способностью.

Полная раздельная система водоотведения имеет несколько водоотводящих сетей, каждая из которых предназначена для отвода сточных вод определенного вида (бытовых вод от города, производственных и дождевых вод).

Для очистки производственных сточных вод предусматриваются специальные очистные сооружения. Производственные сточные воды могут очищаться частично или полностью, поэтому они либо отправляются для доочистки на очистные сооружения города, либо сбрасываются в водоем. Возможно и повторное использование очищенных вод (частично или в полном объеме). В некоторых отраслях промышленности повторно используются дождевые воды. Для этого они должны также подвергаться очистке, которая возможна совместно с очисткой производственных вод. В ряде отраслей промышленности возможно использование очищенных бытовых сточных вод для производственных целей.

Система водоотведения должна обеспечивать очистку наиболее загрязненной части поверхностного стока, образующегося в период выпадения дождей, таяния снега и мытья дорожных покрытий, то есть не менее 70 % годового стока для селитебных территорий и площадок предприятий, близких к ним по загрязненности.

Неполная раздельная система водоотведения имеет лишь одну водоотводящую сеть, предназначенную для отвода загрязненных бытовых и производственных сточных вод и называемую производственно-бытовой сетью. Отвод дождевых вод в водоем предусматривается по открытым лоткам, кюветам и канавам. Неполную раздельную систему водоотведения устраивают для небольших объектов.

Полураздельная система водоотведения имеет две водоотводящие сети – производственно-бытовую и дождевую. В местах пересечения этих сетей устраивают разделительные камеры. При сравнительно малых расходах воды в дождевой сети камеры перепускают весь расход дождевых вод к главной коллектор производственно-бытовой сети; при сравнительно больших расходах они перепускают в производственно-бытовую сеть лишь часть воды, но протекающей по трубам в донной части. При больших расходах воды в дождевой сети (в период сильных ливней) менее загрязненные дождевые воды отводятся в водоем без очистки. Принцип работы разделительной камеры основан на учете различной степени отлета струи воды с уступа при разных скоростях движения воды в коллекторе при небольшом и значительном наполнениях.

Комбинированной системой водоотведения называют такую систему, при которой обслуживаемый объект в одной части оборудован общесплавной системой, а в другой – полной раздельной системой. Комбинированные системы складывались исторически. В развивающихся городах, имеющих общесплавную систему, часто трубопроводы перегружаются в результате присоединения внутриквартальных сетей от новых зданий. Развитие сети при реконструкции системы водоотведения иногда решают путем строительства новых трубопроводов дождевой сети. Старую же сеть используют как бытовую или производственно-бытовую. Так, в развивающейся части города может сложиться полная раздельная система, а в нереконструируемой – общесплавная система.

Каждая из систем водоотведения имеет достоинства и недостатки. Выбор оптимальной системы водоотведения для объектов с различными конкретными условиями проектирования представляет сложную, но очень важную задачу, решение которой позволяет обеспечить наиболее высокое санитарное состояние обслуживаемого объекта и водоема при минимальных затратах на ее строительство и эксплуатацию.

Основные мероприятия, способствующие улучшению санитарного состояния водоемов:

- строительство эффективных очистных сооружений систем водоотведения;
- глубокая очистка сточных вод;

Внедрение методов повторного или многократного использования очищенных производственных сточных вод в технологических процессах;

– создание замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий без сброса сточных вод в водоем;

– использование сточных вод для орошения и обводнения;

– перевод водных технологических процессов на предприятиях на безводные.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Винокуров Е., Ахунбаев А., Усманов Н., Сарсембеков Т. Регулирование водно-энергетического комплекса Центральной Азии / Москва: Евразийский банк развития, 2022. – 117 с.
2. Яковлев С.В., Губий И.Г., Павлинова И.И. Комплексное использование водных ресурсов / Учебное пособие. Москва: Высшая школа, 2008. – 383 с.
3. Fleming N.S., Daniell T.M. Sustainable water resources management. // Water resources Journal. – 1994. – №183. – P. 16-23.
4. Seckler D., et. al. World Water Demand and Supply, 1990-2025. // IWMI Research Report. – 1998.
5. Водные ресурсы России и их использование / Под. ред. Шикломанов И.А. – СПб., 2008. – 600 с.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Для магистрантов подготовлены вопросы для закрепления материала лекции «Водосбережение в коммунально-бытовом хозяйстве».

1. Водоснабжение городов и населенных мест.
2. Основные факторы увеличения потребления коммунально-бытовым сектором в Центральной Азии.
3. Современные системы водоснабжения городов и населенных мест.
4. Пути экономии воды в коммунально-бытовом хозяйстве.
5. Мероприятия по приостановлению роста водопотребления.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Список вопросов для коллоквиума:

- 1. Водоотведение и очистка сточных вод.*
- 2. Полная раздельная система водоотведения.*
- 3. Полураздельная система водоотведения.*
- 4. Комбинированная система водоотведения.*
- 5. Неполная раздельная система водоотведения.*

Коллоквиум представляет собой коллективное обсуждение раздела дисциплины на основе самостоятельного изучения этого раздела обучающимися. Подготовка к данному виду учебных занятий осуществляется в следующем порядке:

– преподаватель дает список вопросов, ответы на которые следует получить при изучении определенного перечня научных источников;

– обучающиеся во внеаудиторное время должны прочитать специальную литературу, выписать из нее ответы на вопросы, которые будут обсуждаться на коллоквиуме;

– обучающиеся должны мысленно сформулировать свое мнение по каждому вопросу, которое они выскажут на занятии.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14
ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННО-КОММУНАЛЬНОГО И
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Цель практического занятия – реализация научно-исследовательского проекта на тему: «Влияние промышленно-коммунального и сельскохозяйственного водопотребления на водные ресурсы».

РАССМАТРИВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ:

1. *Полное и безвозвратное водопотребление. Динамика суммарного водопотребления.*
2. *Коммунальное водопотребление.*
3. *Водопотребление промышленностью.*
4. *Орошение и сельскохозяйственное водоснабжение.*

Форма выполнения практического занятия – научно-исследовательский проект.

Научно-исследовательский проект представляет собой самостоятельно проведенное научное исследование обучающегося, раскрывающее его знания и умение их применять для решения конкретных практических задач. Работа должна носить логически завершенный характер и демонстрировать способность обучающегося грамотно пользоваться специальной терминологией, ясно излагать свои мысли, аргументировать предложения.

Задачами научно-исследовательской работы являются:

- развитие навыков самостоятельной научно-исследовательской деятельности и их применение к решению актуальных практических задач;
- проведение анализа существующих в науке теоретических подходов, входящих в сферу выполняемого исследования;
- проведение самостоятельного исследования по выбранной проблематике;
- демонстрация умений систематизировать и анализировать полученные в ходе исследования данные;
- привитие интереса к научной деятельности.

Алгоритм работы над научной проблемой. Существует единый алгоритм, который отражает этапы работы над научно-исследовательской проблемой специалиста любого уровня:

- выбор проблемы;
- сбор информации;
- анализ и обобщение полученных знаний по проблеме;
- разработка концепции и планирование исследования;
- подбор методов и методик осуществления исследования;
- проведение исследования;
- обработка полученных данных;
- оформление в виде целостного текста;
- представление научно-исследовательского проекта на рецензирование;
- представление к защите и защита проекта.

Объект исследования выбирается обучающимся самостоятельно.

Пример выполнения научно-исследовательского проекта на указанную тему: «Влияние промышленно-коммунального и сельскохозяйственного водопотребления на водные ресурсы» выполнен на примере Есильского водохозяйственного бассейна (Республика Казахстан).

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет «Водные, земельные и лесные ресурсы»
Кафедра «Водные ресурсы и мелиорация»

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПРОЕКТ

*ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННО-КОММУНАЛЬНОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ (НА ПРИМЕРЕ ЕСИЛЬСКОГО
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАСЕЙНА, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)*

АЛМАТЫ, 2023

Содержание

с.

- Введение*
- 1 Полное и безвозвратное водопотребление. Динамика суммарного водопотребления*
- 2 Коммунальное водопотребление*
- 3 Водопотребление промышленностью*
- 4 Орошение и сельскохозяйственное водоснабжение*
- Заключение*
- Список использованных источников*

Введение

Для надежной комплексной оценки водных ресурсов и водообеспеченности бассейна или региона на современный период и на перспективу, помимо данных о колебаниях речного стока, необходима количественная оценка его изменений под влиянием хозяйственной деятельности человека. В течение многих сотен лет влияние деятельности человека на сток рек было очень незначительным и имело локальный характер. Замечательные свойства природных вод – их возобновление в процессе круговорота и способность к очищению – позволяли в течение долгого времени сохранять относительную чистоту, количество и качество пресных вод. Положение коренным образом изменилось в последние десятилетия: во многих районах и странах мира стали обнаруживаться плоды многолетней, неразумной деятельности в использовании водных ресурсов и преобразования поверхности речных водосборов, где они формируются. Прежде всего, это коснулось малых и средних рек, во многих густонаселенных регионах их водный режим претерпел кардинальные изменения. С 1950-1960 гг. начались заметные антропогенные изменения стока больших речных систем, прежде всего, в районах переменного и недостаточного увлажнения. Всё чаще стал ощущаться дефицит водных ресурсов, особенно в маловодные годы, обострилась проблема истощения водных ресурсов на больших территориях.

Антропогенная деятельность неизбежно оказывает воздействие на водные ресурсы. В связи с ростом населения и экономики роль водных ресурсов постоянно возрастает. В отличие от других природных ресурсов вода возобновляется в процессе ее круговорота в природе. Но водные ресурсы, основу которых составляет речной сток, распределены крайне неравномерно по территории и во времени. Во многих районах мира имеющиеся водные ресурсы не могут удовлетворить потребность в воде, тем более что она часто загрязнена отходами хозяйственной деятельности. Это в полной мере относится и к водохозяйственным бассейнам Казахстана.

Начиная с 70-х гг. XX века актуальность надежной оценки водных ресурсов и их прогнозируемых изменений под влиянием хозяйственной деятельности еще более возросла в связи с реально возникшей проблемой изменений глобальных и региональных климатических характеристик. Эти изменения уже имеют место и в Есильском бассейне и могут привести к масштабным преобразованиям гидрологического цикла, изменениям водных ресурсов и их использования, распределения во времени и в пространстве, экстремальных характеристик речного стока и их изменчивости. Поэтому выбранная тема является актуальной и своевременной.

1. Полное и безвозвратное водопотребление. Динамика суммарного водопотребления

Непосредственное изъятие воды из рек, озер, водохранилищ, подземных горизонтов на хозяйственные нужды, использование её для различных целей и сбросы использованных вод обратно в водные объекты является важнейшим фактором воздействия человека на количественные и качественные характеристики природных вод.

Во всех странах мира существуют системы учета использования воды. Основными характеристиками любой системы учета использования вод являются:

- объем водозабора из водного объекта (отдельно из поверхностных водных объектов, и из подземных вод), часто объем водозабора называют полным водопотреблением;

- объем сброса использованных вод или объем водоотведения с обязательными показателями качества воды – это основополагающая характеристика влияния водопотребления на качество природных вод;

- объем безвозвратного водопотребления, представляющий собой разницу между водозабором и объемом воды, поступившей после использования обратно в водные объекты – обычно этот объем отождествляют с объемом воды сброса или водоотведения.

Объем безвозвратного водопотребления, который приводят в процентах от объема полного водопотребления, является важнейшей характеристикой количественной оценки влияния водопотребления на водные ресурсы.

По своей структуре безвозвратное водопотребление может быть разделено на три вида:

- потери на дополнительное испарение за счет солнечной энергии при водоподаче от источника водозабора до места, где вода используется (орошаемое поле, промышленное предприятие и т.д.), и обратно, при сбросах использованной воды в гидрографическую сеть;

- потери воды на испарение на месте использования: при орошении за счет солнечной энергии и при промышленно-коммунальном водопотреблении за счет тепла, используемого на обогрев зданий и выделяемого на предприятиях в ходе технологического процесса;

- потери воды за счет включения ее в состав готовой продукции.

Второй и третий вид потерь практически не зависят от климатических условий и целиком определяются характером использования воды на производстве и в быту. Выполненный анализ структуры безвозвратных потерь по указанному принципу показал, что и для промышленно-коммунального водопотребления большая часть безвозвратных потерь воды приходится на первый вид. Отсюда следует, что объем безвозвратного водопотребления не только в орошении, но и в промышленности, и в коммунальном хозяйстве более значителен для регионов с сухим и жарким климатом.

Для Есильского бассейна получены данные за период с 2005 по 2019 гг. (Комитет водных ресурсов Республики Казахстан) по характеристикам суммарного водопотребления, в том числе по основным водопотребителям: коммунальное хозяйство, промышленность, орошение и сельскохозяйственное водоснабжение [1-4]. В таблице 1 приведено безвозвратное водопотребление в Есильском бассейне за период с 2005 по 2019 гг.

Анализ таблицы показывает, что безвозвратное водопотребление по хозяйственно-питьевому виду использования в Есильском бассейне составляет от 33 до 54 % от суммарного безвозвратного водопотребления, максимальное значение по безвозвратному хозяйственно-питьевому водопотреблению было в 2016 г.

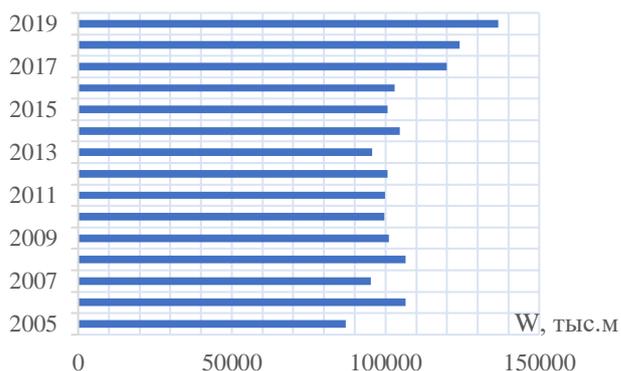
Безвозвратное водопотребление по производственному виду использования составляет от 24 до 64 % от суммарного безвозвратного водопотребления, максимальное значение было в 2019 г.

Безвозвратное водопотребление (сельское хозяйство) от полного безвозвратного водопотребления составляет до 30 % (максимальное значение наблюдалось в 2005 г.). На рисунке 1 приведены графики безвозвратного водопотребления по видам использования в Есильском бассейне.

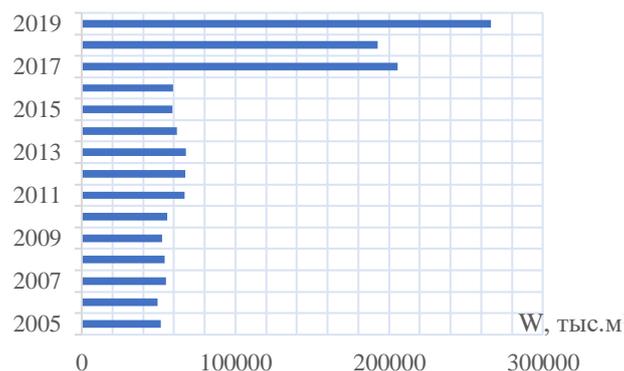
Таблица 1 – Безвозвратное водопотребление (по видам использования) в Есильском бассейне, тыс. м³*

Год	Хозяйственно-питьевые	Производственные	Сельское хозяйство					всего	Прудово-рыбное хозяйство	Полив зеленых насаждений	Промывка каналов	Прочие нужды	Сбор пахотно-рудничных вод без использования	Итого
			сельскохозяйственное водоснабжение	орошение регулярное	орошение лиманное	обводнение пастбищ								
2005	86997	51285	30234	16885	13230	4103	64452	789	3	0	674	0	204201	
2006	106489	49361	31323	13467	5250	414	50454	285	3	0	839	0	207432	
2007	95199	54747	33123	13385	21513	378	68399	219	3	0	1319	0	219886	
2008	106480	53948	30924	8437	0	160	39522	341	1	0	1890	0	202182	
2009	101129	52375	31208	8287	3680	82	43256	1754	1	24	2374	0	200913	
2010	99633	55665	29859	11047	7772	80	48758	546	2012	0	1747	0	208361	
2011	99863	66888	25102	6288	1612	0	33002	458	2355	0	1726	0	204291	
2012	100677	67241	23579	7099	875	0	31552	334	1549	0	1596	0	202949	
2013	95619	67613	23054	5613	2461	0	31129	325	4773	0	1799	0	201258	
2014	104663	61914	22465	6849	4041	0	33355	353	4704	0	1832	0	206821	
2015	100693	59194	20302	5691	2003	0	27996	503	4652	0	1964	0	195001	
2016	103060	59322	19553	6035	1326	50	26964	430	455	0	104	1360	191694	
2017	119962	205514	11802	12079	0	174	24055	22	251	0	1242	0	351046	
2018	124124	192546	5320	10561	0	0	15881	711	12	0	1089	0	334363	
2019	136695	266233	4076	10532	0	0	14608	677	25	0	293	0	418530	

Безвозвратное водопотребление (хозяйственно – питьевые)



Безвозвратное водопотребление (производственные)



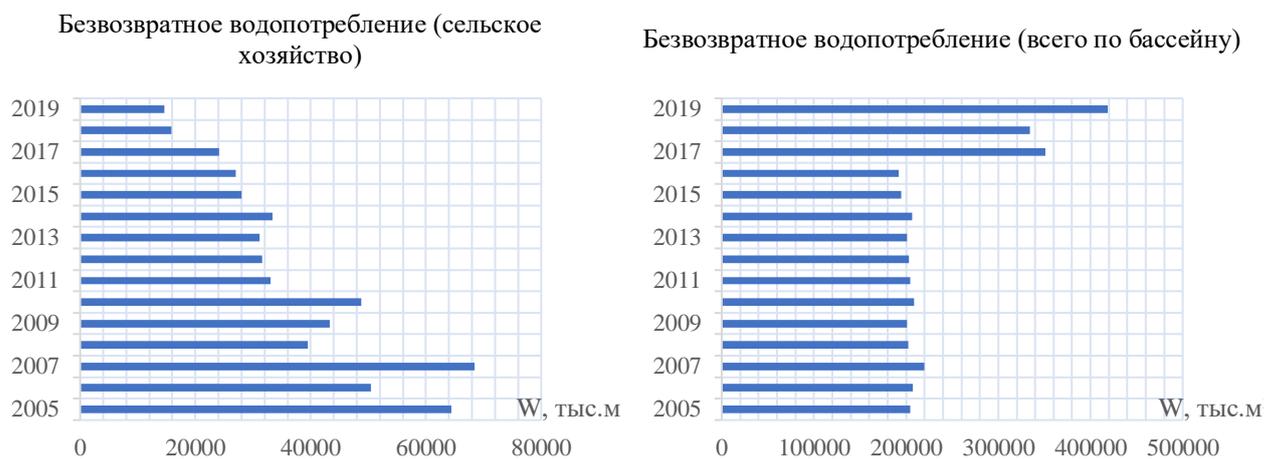


Рисунок 1 – Динамика объемов безвозвратного водопотребления (по видам использования) в Есильском бассейне, тыс. м³ *(составлено автором)

2. Коммунальное водопотребление

Коммунальное водопотребление состоит из двух частей и включает в себя как затраты воды непосредственно на удовлетворение нужд городского населения (хозяйственно-бытовое водопотребление), так и на общегородские нужды (общегородское и коммерческое водопотребление). Хозяйственно-бытовое водопотребление связано с использованием воды в домашнем хозяйстве на нужды питья, мытья, стирки, полива газонов, садов и огородов, принадлежащих жителям. Общегородское водопотребление включает в себя водозабор на полив улиц и зеленых насаждений, содержание пожарных команд, обеспечение водой всех учреждений города, а также промышленности, непосредственно обеспечивающей нужды городского населения и потребляющей воду высокого качества из городских водопроводов [5].

Объем коммунального водопотребления зависит от числа городских жителей и от степени благоустройства населенных пунктов, т.е. наличия или отсутствия водопроводов, канализации, централизованного горячего водоснабжения, а также от климатических условий. Обычно считается, что для удовлетворения всех личных потребностей человека необходимо 150-200 л/сут., для работы коммунальных предприятий всей сферы обслуживания и поддержания чистоты и порядка в городе – еще 150–200 литров на одного жителя. Расходование воды сверх указанных величин обычно связано с использованием ее городскими промышленными предприятиями, а также большими потерями в системах водоснабжения.

В различных странах мира разработаны расчетные нормы коммунального водопотребления для населенных пунктов. Обычно они зависят от степени благоустройства городов и климатических условий, для более северных стран нормы водопотребления меньше, для южных стран с жарким, сухим климатом они значительно возрастают.

Городское водопотребление в объемах более 500-600 л/сут. на одного жителя является свидетельством больших потерь воды в системах водоснабжения и соответствующего отношения населения к использованию воды в коммунальном хозяйстве в условиях отсутствия действительной платы за воду. В таблице 2 приведены данные по бытовому водопотреблению в расчете на душу населения в Республике Казахстан.

В некоторых странах мира нормы коммунального водопотребления в городах дифференцированы в зависимости от численности жителей и сферы их основной деятельности.

*Источник: Комитет по водным ресурсам, Республика Казахстан

Например, в Японии нормы водопотребления для малых городов с населением менее 10 тыс. составляют от 150 до 300 л/сут. на одного жителя и увеличиваются от 400 до 560 л/сут. для больших городов с населением более миллиона жителей.

Таблица 2 – Бытовое водопотребление в расчете на душу населения в Республике Казахстан, (млн. м³/Год)*

Год	Коммунальное водоснабжение			Самообеспечение			Общее потребление воды (коммунальное водоснабжение и самообеспечение)		
	Потребление воды в коммунальной сфере в стране	Население, подключенное к коммунальному водоснабжению, млн. человек	Потребление воды на душу населения в год, м ³	Население, не подключенное к коммунальному водоснабжению (самообеспечение), млн. человек	Расчетное потребление воды на душу населения, м ³	Потребление воды в коммунальной сфере в стране - самообеспечение, м ³	Общее потребление воды	Общая численность населения, млн. человек	Потребление воды на душу населения в год, м ³
2010	425,3	13,5	31,5	2,8	26,1	73,1	498,4	16,3	30,6
2011	434,7	14,6	29,8	2,0	26,2	52,4	487,1	16,6	29,3
2012	468,5	14,8	31,7	2,1	27,7	58,2	526,7	16,9	31,2
2013	460,0	15,2	30,3	1,9	26,9	51,1	511,1	17,1	29,9
2014	463,3	15,1	30,7	2,2	26,8	59,0	522,3	17,3	30,2
2015	467,4	14,4	32,5	3,1	26,7	82,9	550,3	17,5	31,4
2016	470,4	16,2	29,0	1,6	26,4	42,3	512,7	17,8	28,8
2017	493,1	16,6	29,7	1,4	27,4	38,4	531,5	18,0	29,5
2018	516,9	17,0	30,4	1,3	28,2	36,7	553,6	18,3	30,3
2019	536,1	17,3	31,0	1,2	29,0	34,8	570,9	18,5	30,9
2020	573,7	17,8	32,2	1,0	30,5	30,5	604,2	18,8	32,1

Сегодня, когда потребление воды нужного качества в большинстве городов связано с ее дополнительной обработкой и повторным использованием, основной тенденцией в развитых странах мира является ориентация на экономию воды и снижение удельного водопотребления [6-7], и как регулирующий фактор ученые называют цену на воду. В таблице 3 приведены цены на водопользование в Республике Казахстан.

Таблица 3 – Цены на водопользование в Республике Казахстан*

Год	Средние цены и тарифы на платные услуги для населения, тенге/м ³			Цены приобретения на отдельные виды продукции производственно-технического назначения промышленными предприятиями, тенге/Гкал
	Горячая вода	Холодная вода	Канализация	Пар и горячая вода (тепловая энергия)
2015	199	57	37	4446
2016	218	65	43	5284
2017	234	71	46	5435
2018	240	73	48	6410
2019	232	69	48	5600
2020	234	69	47	6039

В Есильском бассейне на фоне резкого увеличения объема общего водопотребления за период с 2017-2019 гг., объем коммунального водопотребления увеличился, динамика коммунального водопотребления в Есильском бассейне за период с 2005 по 2019 гг. приведена на рисунке 2.

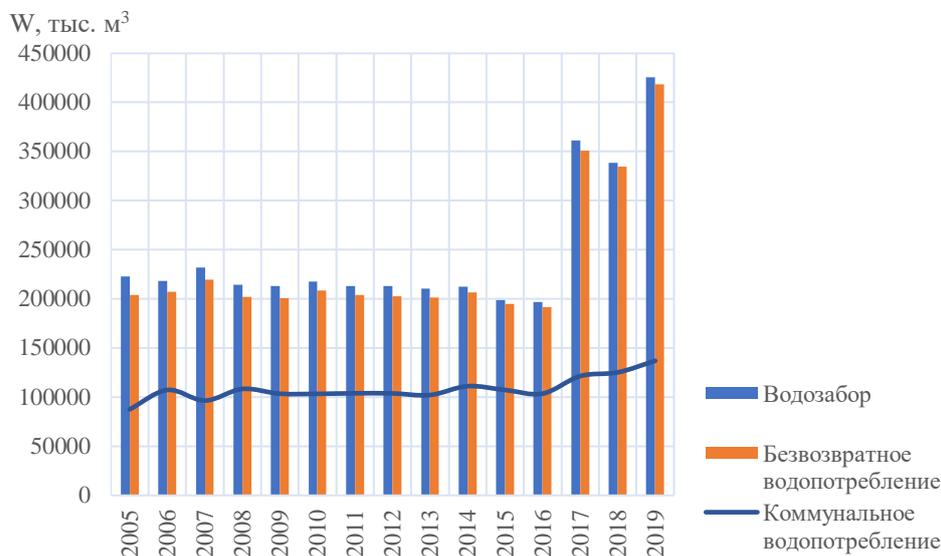


Рисунок 2 – Динамика коммунального водопотребления в Есильском бассейне (водозабор, безвозвратное водопотребление, коммунальное водопотребление) (составлено автором)

Суммарные объемы воды, используемой на коммунальные нужды в том или ином регионе, стране или бассейне, определяются величиной удельного водопотребления и численностью городского населения. Значительнее сложно найти данные по динамике величин коммунального водопотребления по речным бассейнам, поскольку статистические данные собираются по административным регионам, по отдельным бассейнам такие данные являются результатом специальных исследований.

При расчетах водного баланса, для определения объемов сточных вод и количественной оценки влияния водопотребления на водные ресурсы большое значение имеют величины безвозвратного водопотребления на коммунальные нужды населения и объемы водоотведения. Большая часть забранной воды в городском водоснабжении после использования при эффективно действующей системе канализации возвращается снова (после очистки или без нее) в гидрографическую сеть в виде сточных вод. При этом основная часть безвозвратных потерь складывается из потерь на испарение, при утечках из водопроводной и канализационной сети, при поливах зеленых насаждений, улиц и т. п. Таким образом, в значительной степени зависит от климатических условий: в сухих, жарких районах потери, естественно, больше, чем в холодных и влажных. Безвозвратное водопотребление непосредственно на личные нужды человека невелико по сравнению с потерями воды на испарение.

Очевидно, что величины безвозвратных потерь при коммунальном водопотреблении, выражаемые обычно в процентах от водозабора, в значительной степени зависят от объемов удельного водопотребления на коммунальные нужды. Так, в современных городах с централизованной водопроводной сетью и эффективной системой канализации безвозвратные потери не превышают от 5 до 10 % от суммарного водозабора.

Для малых городов с большим фондом индивидуальных застроек, не обеспеченных полностью централизованной канализационной системой, где удельное водопотребление составляет в среднем от 80 до 120 л/сут, безвозвратные потери значительно возрастают и могут достигать от 40 до 60 % от водозабора. При этом наименьшие величины относятся к северным районам, наибольшие – к сухим южным.

Таким образом, величина безвозвратного водопотребления, зависящая от многих факторов, изменяется в больших пределах для отдельных городов, районов, стран. В ГГИ для оценки влияния коммунального водопотребления на годовой сток в основном ориентируются на данные по полному водопотреблению, переходя от них к безвозвратным потерям путем введения коэффициентов, которые зависят от различного рода характеристик водопотребления и климатических условий.

Таким образом, уменьшение среднегодового стока рек за счет коммунального водопотребления $\Delta U_{ком}$ будет равно:

$$\Delta U_{ком} = K_{ком} \times Q_{взб.ком} \quad (1)$$

где $Q_{взб.ком}$ – объем водозабора на коммунальные нужды; $K_{ком}$ – коэффициент, значения которого зависят от климатических условий и величин водозабора.

Исходя из опыта исследований Государственного гидрологического института (ГГИ) [6-10] на уровень 1985 г., величина коэффициент принималась равной для крупных речных бассейнов в северных районах от 0,10 до 0,15, в южных от 0,20 до 0,30. Учитывая, что за период с 1985 по 2005 гг. величина водозабора на коммунальные нужды изменилась незначительно, указанные значения коэффициентов, по всей видимости, могут быть приняты и для современных оценок. Применяя методику ГГИ для оценки влияния коммунального водопотребления на годовой сток в данной диссертации рассчитано значение $\Delta U_{ком}$ за период с 2005 по 2019 гг. (таблица 4).

Таблица 4 – Уменьшение среднегодового стока рек за счет коммунального водопотребления в Есильском бассейне (подсчитано автором)

Год	Водозабор, тыс. м ³	Водозабор на коммунальные нужды, тыс. м ³	$\Delta U_{ком}$, тыс. м ³	%
2005	222825	87674	21919	10
2006	218466	107331	32199	15
2007	232283	96521	28956	12
2008	214466	108371	32511	15
2009	213072	103503	31051	15
2010	217782	103392	31018	14
2011	213314	103944	31183	15
2012	212889	103822	31146	15
2013	210625	102191	30657	15
2014	212630	111199	33360	16
2015	198994	107309	32193	16
2016	196883	103618	31085	16
2017	361610	121455	36436	10
2018	338846	125226	37568	11
2019	425756	137013	41104	10

В Есильском бассейне уменьшение среднегодового стока рек за счет коммунального водопотребления составило в среднем от 10 до 16 %, максимальное уменьшение среднегодового стока рек за счет коммунального водопотребления наблюдалось в 2006, 2008-2009, 2011-2016 гг.

3. Водопотребление промышленностью

Вода в промышленности применяется для охлаждения нагреваемых в процессе производства агрегатов, механизмов, инструментов и т.д. Значительное количество воды используется для поддержания в производственных помещениях и на территории предприятий необходимых санитарно-гигиенических условий, и на удовлетворение потребностей работающего персонала. В качестве главного водопотребителя в промышленности выступают тепловые и атомные станции, которые требуют большого количества воды для охлаждения агрегатов. Объемы промышленного водопотребления различны не только для отдельных отраслей промышленности, но даже для выпуска одной и той же продукции в зависимости от технологии производственного процесса. Зависят они и от климатических условий. Как правило, в северных районах водопотребление промышленностью значительно меньше, чем в южных районах с высокими температурами воздуха. Главными потребителями воды в промышленности, кроме теплоэнергетики, являются химия и нефтехимия, черная и цветная металлургия, целлюлозно-бумажная промышленность и машиностроение.

Для характеристики водоемкости продукции, выпускаемой промышленностью, обычно используют удельные показатели расхода свежей воды (на 1 тонну готовой продукции, на 1 кВт/ч, на единицу затрат). Так, в черной металлургии на добычу и обогащение 1 тонны руды расходуется в среднем от 2 до 4 м³ свежей воды, на производство 1 тонны чугуна расходуется от 40 до 50 м³, меди до 500 м³.

Особенно большой расход воды требуется для предприятий целлюлозно-бумажной и нефтехимической промышленности: на производство 1 тонны целлюлозы требуется обычно в среднем от 400 до 500 м³, синтетической резины – до 2800 м³, конденсаторной бумаги до 6000 м³ и т.д.

Приведенные величины дают основание предполагать, что в последние два-три десятилетия должно резко увеличиться водопотребление промышленностью, поскольку именно в это время во всем мире резко выросло производство электроэнергии на тепловых и атомных станциях, интенсивно развивается производство синтетических волокон, искусственного каучука, пластмасс, целлюлозы, которые требуют особенно огромных затрат воды.

Основные характеристики промышленного водопотребления – объемы забора свежей воды, безвозвратного водопотребления, водоотведения – в очень большой степени зависят от принятой схемы водоснабжения. Как известно, существуют две принципиально различные схемы – прямоточная и оборотная. При прямоточной системе забираемая из источника вода после использования (с очисткой или без очистки) сбрасывается в водотоки. При оборотной системе использования вода охлаждается, очищается и снова поступает в систему водоснабжения. Таким образом, система оборотного водоснабжения исключает сброс отработанных вод обратно в водоемы или водотоки и предусматривает их многократное использование в производстве.

Количество необходимой свежей воды в случае оборотного водоснабжения незначительно и определяется расходом, необходимым для восполнения безвозвратного водопотребления в процессе производства и регенерации, а также для периодической замены воды в оборотных циклах.

Технический прогресс в промышленном водопотреблении с точки зрения рационального использования водных ресурсов состоит не только во все более широко используемом оборотном водоснабжении, но и во внедрении в производство безводных технологий или процессов, значительно сокращающих количество необходимой свежей воды.

В тех отраслях промышленности, где основная часть воды используется для охлаждения, важным фактором снижения её расхода является замена водяного охлаждения воздушным. Это может дать уменьшение расхода свежей воды в различных отраслях от 50 до 70 % [11].

Величина безвозвратного водопотребления в промышленности, как правило, составляет незначительную долю от водозабора, но очень сильно колеблется в зависимости от отрасли, характера водоснабжения, технологического процесса, климатических условий, составляя в энергетике всего от 0,5 до 3 % от водозабора. В большинстве отраслей промышленности от 5 до %, достигая в отдельных отраслях от 30 до 40 %.

При этом, при прямоточной системе водоснабжения безвозвратное водопотребление, выраженное в процентах от водозабора, существенно меньше, чем при оборотной системе водоснабжения, а забор свежей воды – наоборот.

Развитие промышленного водопотребления является одной из главных причин загрязнения природных вод. Это объясняется:

- во-первых, очень быстрым ростом промышленности;
- во-вторых, особенно интенсивным ростом наиболее водоемких производств (производство искусственных волокон, нефтехимия, целлюлозно-бумажная промышленность);
- в-третьих, бурным развитием теплоэнергетики и строительства атомных станций;
- в-четвертых, – очень малым безвозвратным потреблением воды в промышленности, когда большая часть забранной на нужды промышленности воды после использования сбрасывается в виде сточных вод, очень часто неочищенных, которые загрязняют водные объекты.

Таким образом, динамика промышленного водопотребления для отдельных районов, стран или речных бассейнов находится под влиянием различных тенденций. С одной стороны, объем водопотребления должен увеличиваться в связи с ростом промышленности. С другой стороны – это увеличение не должно быть пропорциональным росту промышленного производства, в связи с тем, что для многих стран, прежде всего высокоразвитых, характерна тенденция перехода на оборотные системы водоснабжения, а во многих отраслях промышленности – на так называемую безводную, или сухую технологию.

Следует отметить, что все современные прогрессивные технологии водообеспечения промышленности требуют очень больших капитальных затрат и, к сожалению, в данное время доступны только для высокоразвитых стран с большими доходами.

Несмотря на интенсивный рост промышленного производства, в последние десятилетия во многих развитых странах мира, отмечается тенденция к стабилизации и даже к некоторому уменьшению промышленного водопотребления. Это происходит за счет постоянного снижения удельных затрат воды для производства различных видов промышленной продукции, и перехода на оборотное водоснабжения с увеличением циклов повторного использования воды в наиболее водоемких отраслях промышленности.

Например, за 30-летний период расход воды на производство единицы продукции в США уменьшился от 2 до 5 раз, а количество циклов повторного использования воды увеличилось от 20 % до более чем в 2 раза (в зависимости от отраслей промышленности). Естественно, что, несмотря на интенсивный рост промышленного производства, это привело к заметному снижению суммарного промышленного водопотребления в стране – объем промышленного водопотребления сократился на 17 % [12].

Надежная оценка влияния промышленного водопотребления на количественные характеристики гидрологического режима и водных ресурсов регионов и речных бассейнов представляет собой довольно сложную задачу в связи с отсутствием достоверных данных по безвозвратному водопотреблению в промышленности.

В ГГИ для приближенной оценки влияния промышленного (так же, как и коммунального) водопотребления, на сток рек используют более или менее достоверные данные по объемам водозабора; при этом безвозвратное водопотребление определяется приближенно путем ведения коэффициентов, которые зависят от отраслей промышленности, принятой системы водоснабжения и климатических условий.

Применительно к большим регионам и речным бассейнам, где имеют место самые различные отрасли промышленности, изменение годового стока рек (водных ресурсов) ΔY_{np} за счет промышленного водопотребления может быть приближенно оценено по следующим соотношениям:

$$\Delta Y_{np} = K_{np} \times Q_{изб.пр} \quad (2)$$

где $Q_{изб.пр}$ – суммарные водозаборы на нужды промышленности; K_{np} – коэффициент, значения которого на уровень 1980-1990 гг. (когда объем промышленного водопотребления был практически стабильным) может быть принятым $K_{np}=0,08-0,10$ в северных районах и $K_{np}=0,15-0,20$ в южных районах.

Рассчитанные по методике ГГИ величины уменьшения годового стока р. Есиль за счет промышленного водопотребления приведены в таблице 5 за период с 2005 по 2019 гг.

Таблица 5 – Уменьшение среднегодового стока рек за счет промышленного водопотребления в Есильском бассейне (подсчитано автором)

Год	Водозабор, тыс. м ³	Водозабор на промышленные нужды, тыс. м ³	ΔY_{np} , тыс. м ³	%
2005	222825	55989	8398	4
2006	218466	53304	7996	4
2007	232283	57992	8699	4
2008	214466	57730	8659	4
2009	213072	56079	8412	4
2010	217782	58038	8706	4
2011	213314	68257	10239	5
2012	212889	70087	10513	5
2013	210625	70447	10567	5
2014	212630	64903	9736	5
2015	198994	61973	9296	5
2016	196883	62943	9441	5
2017	361610	212790	31919	9
2018	338846	196740	29511	9
2019	425756	273252	40988	10

В Есильском бассейне уменьшение среднегодового стока рек за счет промышленного водопотребления составило в среднем от 5 до 10 %, максимальное уменьшение среднегодового стока рек за счет промышленного водопотребления наблюдалось в 2017, 2018, 2019 гг.

Рассчитанные величины уменьшения годового стока р. Есиль за счет промышленного водопотребления составили до 40988 тыс. м³ (2019 г.), или примерно 10 % от водозабора в бассейне.

Что касается оценок безвозвратного водопотребления за период резкого уменьшения промышленного водопотребления в Республике Казахстан после 1990 г., которое произошло в результате обвала промышленного производства, то, по всей вероятности, коэффициент K_{np} в формуле (2) не претерпит существенных изменений.

Однако в данном бассейне, начиная с 2017 г. наметился рост промышленного производства и стали сооружаться новые предприятия с современными водосберегающими технологиями использования воды, следовательно, при расчетах на перспективу до 2030 г. необходимо учитывать тенденцию возможного увеличения указанного коэффициента.

4. Орошение и сельскохозяйственное водоснабжение

В регионах и странах мира с аридным и субаридным климатом, где проживает большая часть населения земли, орошение является основным потребителем пресной воды и главной причиной, обуславливающей в маловодные годы или периоды дефицит водных ресурсов. Развитие орошения здесь, прежде всего, необходимо для обеспечения населения продуктами питания. Несмотря на то, что в настоящее время орошается всего больше 15 % всех обрабатываемых площадей мира, [8] продукция с орошаемых полей составляет в стоимостном выражении более половины всей сельскохозяйственной продукции.

Анализ многочисленных источников – статистических сборников, данных сайта Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, различных монографий и научных статей позволяет достаточно надежно оценить динамику орошаемых земель Казахстана [1-4].

Таблица 6 – Динамика площади орошаемых земель по категориям (тыс. га)*

Год	Категории земель							Итого земель
	Земли с/х назначения	Земли населенных пунктов	Земли промышленности, транспорта, связи, обороны и иного не с/х назначения	Земли особо охраняемых природных территорий	Земли лесного фонда	Земли водного фонда	Земли запаса	
1991	2308,4	53,9	7,2	0,2	8,4	1,0	0,4	2379,5
2000	1640,2	142,5	3,8	1,2	8,9	0,4	431,3	2228,3
2018	1766,5	180,1	2,6	1,3	7,7	0,2	244,7	2203,1
2019	1779,4	180,4	3,0	1,1	7,4	0,2	253,1	2224,6

Орошаемые площади по территории Казахстана распределены крайне неравномерно, причем это распределение существенно изменяется во времени, о чем свидетельствуют данные, представленные в таблице 7-9.

С точки зрения оценки влияния орошения на сток рек наибольший интерес представляют данные по распределению орошаемых земель на территории основных речных бассейнов в Казахстане.

Следует отметить, что задача надежной оценки площадей орошаемых земель в пределах речных водосборов является далеко не простой, поскольку статистические данные по речным бассейнам, как правило, отсутствуют, и требуется сбор информации по большому числу субъектов за длительный промежуток времени, а это представляет собой немалые трудности, тем более, что некоторые области республики одновременно располагаются на территории нескольких речных бассейнов.

Есильский водохозяйственный бассейн включает в себя часть бассейна реки Есиль в пределах Республики Казахстан. Площадь Есильского водохозяйственного бассейна составляет 237226 км², в том числе Акмолинская область – 122100,8 км², Карагандинская область – 11520,9 км², Костанайская область – 5611,3 км², Северо-Казахстанская область – 97993 км².

Таблица 7 – Динамика площади орошаемых земель по областям Республики Казахстан*

Наименование области	1991	2000	2018	2019
1	2	3	4	5
Акмолинская	45,2	44,5	31,6	31,6
Актюбинская	44,9	29,3	30,3	30,3
Алматинская	661,0	594,9	583,1	583,5
Атырауская	44,3	44,0	21,8	21,8
Восточно-Казахстанская	223,5	219,1	195,8	195,8
Жамбылская	249,3	237,5	230,8	230,9
Западно-Казахстанская	66,7	55,8	55,8	55,8
Карагандинская	96,6	89,6	93,0	93,1
Кызылординская	286,0	277,7	250,0	251,0
Костанайская	39,8	41,6	32,3	32,3
Мангистауская	1,7	2,0	2,3	2,3
Павлодарская	81,6	59,5	86,4	102,2
Северо-Казахстанская	35,4	22,8	17,0	17,0
Туркестанская	495,8	500,4	545,0	548,5
г. Шымкент	-	-	25,3	25,3
г. Алматы	7,7	4,9	2,3	2,9
г. Астана	-	4,7	0,3	0,3
Всего	2379,5	2228,3	2203,1	2224,6

Таблица 8 – Наличие и использование орошаемых земель в 2019 г. *

Наименование области	Наличие орошаемых земель	Использовалось орошаемых земель	Не использовалось орошаемых земель	В том числе по причинам:			
				засоления, подтопления, заболачивание	водонеобеспеченности	Неисправности оросительной и дренажной сети	Прочие причины
Акмолинская	31,6	24,1	7,5	5,5	-	-	2,0
Актюбинская	30,3	19,2	11,1	1,8	0,3	3,3	5,7
Алматинская	583,1	479,4	103,7	16,4	-	30,4	56,9
Атырауская	21,8	7,1	14,7	2,0	-	-	12,7
Восточно-Казахстанская	195,8	94,7	101,1	18,6	-	-	82,5
Жамбылская	182,4	93,4	89,0	-	-	88,9	0,1
Западно-Казахстанская	55,8	6,6	49,2	7,7	0,1	23,3	18,1
Карагандинская	93,1	20,6	72,5	9,8	0,3	-	62,4
Кызылординская	251,0	194,5	56,5	4,5	3,0	1,3	47,7
Костанайская	32,3	4,6	27,7	2,4	-	-	25,3
Мангистауская	2,3	0,9	1,4	-	-	-	1,4
Павлодарская	102,2	53,3	48,9	4,8	2,1	21,0	21,0
Северо-Казахстанская	17,0	1,8	15,2	-	-	-	15,2
Туркестанская	548,4	486,7	61,7	15,3	15,6	-	30,8
Всего	2147,1	1486,9	660,2	88,8	21,4	168,2	381,8

*Источник: Бюро национальной статистики. Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан

Таблица 9 – Динамика площади орошаемых земель по угодьям*

Виды угодий	1991	2000	2018	2019
Пашня	1969,7	1971,3	1634,4	1665,0
Многолетние насаждения	112,7	93,1	89,7	91,0
Залежь	52,2	566,5	306,5	298,9
Сенокосы	22,9	17,8	17,0	17,0
Пастбища	123,5	109,3	97,1	94,1
Итого сельскохозяйственных угодий	2281,0	2158,0	2144,7	2166,0
Прочие угодья	98,5	70,3	58,4	58,6
Всего орошаемых земель	2379,5	2228,5	2203,1	2224,6

На рисунке 3 представлены данные по динамике орошаемых земель (примерно составляет 10 % от общей площади орошаемых земель по Республике Казахстан) в Есильском бассейне.

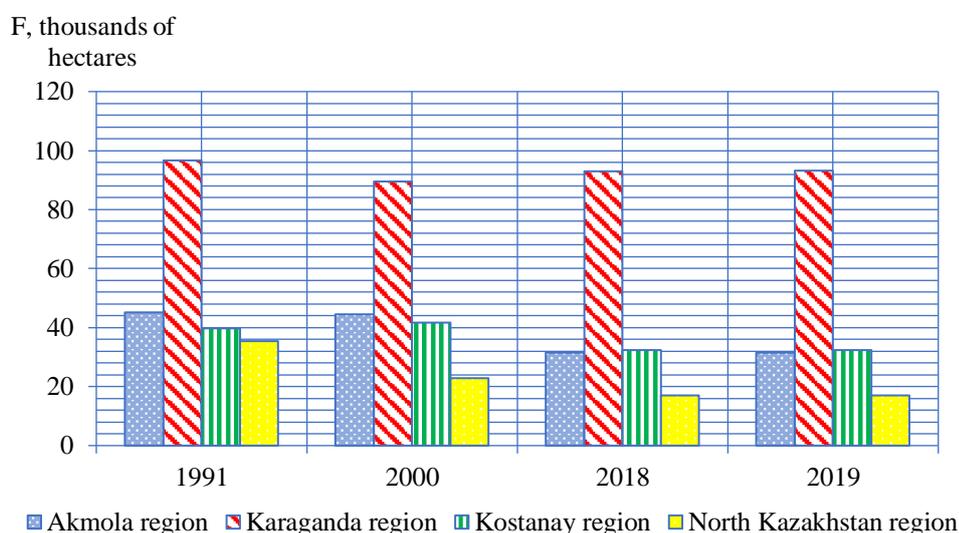


Рисунок 3 – Динамика площади орошаемых земель в Есильском водохозяйственном бассейне (составлено автором)

Орошение и обеспечивающие его инженерно-технические мероприятия могут оказывать очень существенное влияние на гидрологический цикл и водные ресурсы рассматриваемого региона. Создание крупных орошаемых массивов, использующих огромные объемы пресной воды, приводят к некоторому изменению климата территории и перераспределению во времени и в пространстве многих элементов водного, теплового и солевого балансов, которые происходят не только в пределах орошаемого массива, но и на прилегающих территориях. Все эти процессы в той или иной степени находят отражение в изменениях различных характеристик речного стока.

Важнейшими с практической точки зрения аспектами влияния орошения на гидрологический режим и водный баланс являются вопросы изменения суммарного стока рек, интенсивность которого зависит от большого числа естественных и антропогенных факторов и, прежде всего, от масштабов орошения, типов оросительных систем, объемов полного и безвозвратного водопотребления, местных физико-географических условий.

Естественно, влияние орошения на речной сток будет существенно различным для малых рек, питающихся в основном поверхностным стоком, и крупных речных систем, дренирующих все категории подземных вод и имеющих замкнутый водный баланс.

Для малых рек в результате орошения возможен полный разбор воды из русла реки, однако это еще не говорит о полном истощении водных ресурсов территории, так как большая часть воды в результате фильтрации из каналов и в виде возвратных вод с орошаемых полей поступает на пополнение естественных запасов грунтовых вод, дренируемых более крупными реками.

Для крупных рек изменение стока после орошения в основном определяется изменением суммарного испарения в бассейне, которое состоит из испарения на орошаемых землях и непродуктивного испарения на прилегающих территориях. В зависимости от соотношений указанных значений испарения сток реки после орошения может уменьшиться, продолжительное время оставаться неизменным, а в отдельные периоды даже несколько увеличиваться. Последние два варианта, хотя и кажутся, на первый взгляд, маловероятными, однако они, как показывают исследования, реально могут существовать на больших водосборах с разнообразными физико-географическими характеристиками, на которых одновременно с расширением орошаемых площадей осуществляется уничтожение влаголюбивой растительности, уменьшение разливов рек и сокращение продолжительности затопления пойменных участков в результате руслового регулирования [8-10].

В ГГИ при выполнении комплексных научных исследований по влиянию орошаемого земледелия на водные ресурсы, гидрологический режим и качество речных вод были разработаны и практически использованы следующие методы для оценки и прогноза влияния орошения на годовой и сезонный сток рек:

- детальные воднобалансовые методы, основанные на использовании экспериментальных данных по водному балансу орошаемых земель, применимые для малых и средних речных бассейнов, а также для однородных по физико-географическим условиям регионов;

- упрощенные воднобалансовые методы, основанные на использовании укрупненных проектных показателей (гидрометеорологических и гидрогеологических характеристик) для средних и больших речных бассейнов и регионов перспективного развития орошения;

- методы интегральной оценки по наблюдаемому стоку в замыкающем створе и основным стокообразующим факторам за многолетние периоды (для речных бассейнов южных районов, где орошение является основным видом хозяйственной деятельности и практикуется многие десятилетия).

Детальные воднобалансовые методы, разработанные в ГГИ [13], весьма трудоемкие и требуют наличия большого количества экспериментальных данных, которые, как правило, отсутствуют, поэтому они не находят широкого применения на практике.

В зоне традиционного орошения, где орошение является основным видом хозяйственной деятельности, оказывающим преобладающее влияние на водные ресурсы, оценка и прогноз влияния орошения на речной сток достаточно надежно могут быть выполнены на основе статистического анализа многолетних данных наблюдений по стоку в замыкающих створах рек совместно с основными стокообразующими факторами, метеорологическими условиями и динамикой орошаемых площадей в бассейне. В таблице 10 и на рисунке 4 приведены данные по динамике безвозвратного водопотребления на орошение и сельхозводоснабжение в бассейне р. Есиль за период с 2005 по 2019 гг.

Таблица 10 – Динамика безвозвратного водопотребления на орошение и сельхозводоснабжение в бассейне р. Есиль, тыс. м³*

№	Год	Безвозвратное водопотребление				
		Сельскохозяйственное водоснабжение	Регулярное орошение	Лиманное орошение	Обводнение пастбищ	Сельское хозяйство, всего
1	2005	30234	16885	13230	4103	64452
2	2006	31323	13467	5250	414	50454
3	2007	33123	13385	21513	378	68399
4	2008	30924	8437	0	160	39522
5	2009	31208	8287	3680	82	43256
6	2010	29859	11047	7772	80	48758
7	2011	25102	6288	1612	0	33002
8	2012	23579	7099	875	0	31552
9	2013	23054	5613	2461	0	31129
10	2014	22465	6849	4041	0	33355
11	2015	20302	5691	2003	0	27996
12	2016	19553	6035	1326	50	26964
13	2017	11802	12079	0	174	24055
14	2018	5320	10561	0	0	15881
15	2019	4076	10532	0	0	14608

Данные, приведенные в таблице 10 и на рисунке 4, показывают, что максимальные величины безвозвратного водопотребления на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение в рассматриваемом бассейне относятся следующие годы: 2007, 2009 гг. (сельхозводоснабжение), 2005, 2010, 2017 гг. (регулярное орошение), 2005, 2007 гг. – лиманное орошение.

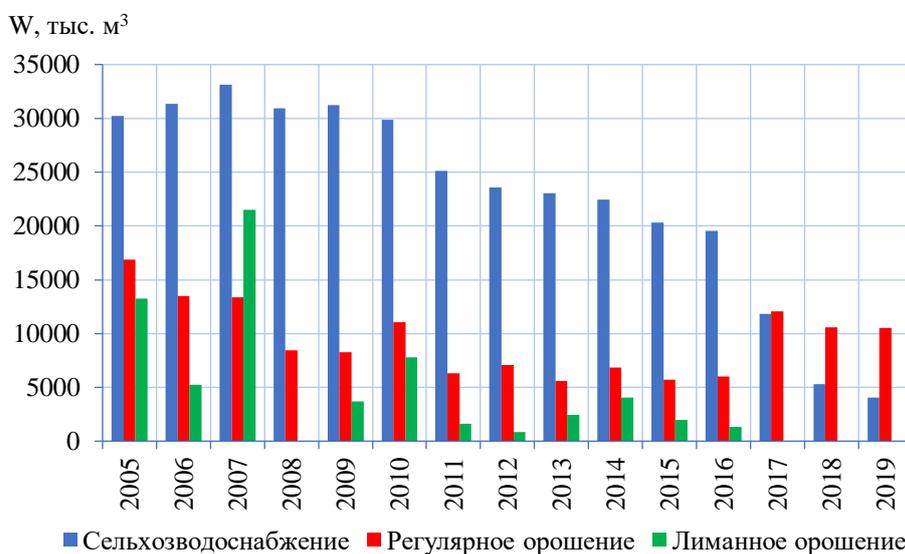


Рисунок 4 – Динамика безвозвратного водопотребления на орошение (регулярное и лиманное) и сельхозводоснабжение в бассейне р. Есиль, тыс. м³ (составлено автором)

Обращает на себя внимание очень резкое уменьшение безвозвратного водопотребления за последние десять лет в рассматриваемом регионе, орошаемые площади в бассейне р. Есиль по сравнению с 1990 г. уменьшились в 1,2 раза (таблица 11). Это объясняется интенсивным сокращением фактически поливаемых земель в бассейне, которое сопровождается уменьшением поливных норм.

В сельском хозяйстве, помимо орошения, вода расходуется на хозяйственно-бытовые нужды сельского населения, потребляется домашними животными, затрачивается на полив огородов и благоустройство сельских населенных пунктов. Потребление воды на сельскохозяйственное водоснабжение зависит в основном от численности населения и животных, наличия систем водопроводов и канализации, от климатических условий и изменяется обычно от 200-270 до 20-30 л/сут на человека [14].

Таблица 11 – Динамика площади орошаемых земель в Есильском водохозяйственном бассейне, тыс. га (подсчитано автором)

Область	1991	2000	2018	2019
Акмолинская	45,2	44,5	31,6	31,6
Карагандинская	96,6	89,6	93,0	93,1
Костанайская	39,8	41,6	32,3	32,3
Северо-Казахстанская	35,4	22,8	17,0	17,0
Всего	217,0	198,5	173,9	174,0

В бассейне р. Есиль наблюдается сокращение безвозвратного водопотребления на сельхозводоснабжение, значительное сокращение обусловлено резким уменьшением поголовья скота, сокращением численности сельского населения и переводом значительной части сельскохозяйственных водопроводов в систему жилищно-коммунального хозяйства. Безвозвратные потери, определяемые в процентах от водозабора, как и в коммунальном водопотреблении, зависят, прежде всего, от объема водозабора и климатических условий. При водопотреблении в 100-200 л/сут на человека безвозвратные потери воды обычно не превышают 15-30 % от водозабора (20-50 л/сут), в то время как при малых водозаборах 20-50 л/сут они могут составить до 70-100 %.

Во всех исследованиях по оценке динамики безвозвратного водопотребления по речным бассейнам величины сельскохозяйственного водоснабжения не выделяются отдельно, а учитываются совместно с водопотреблением на орошаемое земледелие.

Заключение

В конце XX века свершившийся факт глобального потепления стал признаваться доказанным, однако неоконченными остаются дискуссии о причинах современных изменений климата. Многие ученые признают факт антропогенного изменения климата в результате накопления углекислого газа в атмосфере, другие – твердо уверены, что энергетическая мощь процессов, протекающих в естественном природном цикле, на несколько порядков выше техногенных энергетических возможностей. Ритмы космоса, природная ритмичность и её фазы оказывают значительное влияние на многие процессы, происходящие на Земле, в том числе на многолетние колебания стока рек, которые являются интегральным показателем изменения климата. Касательно антропогенных изменений стока последнего современного периода, то они вполне обоснованно беспокоят человечество. Они реально существуют, но их значения не сопоставимы с естественными циклическими изменениями климата разной природы. Опасность антропогенных изменений заключается в их необратимости.

Кроме того, совокупность накапливающихся антропогенных и циклических естественных изменений климата опасна тем, что существуют периоды лет, когда антропогенные и естественные изменения направлены в одном направлении и могут проявиться с угрожающей стремительностью, поэтому сведение к минимуму антропогенной составляющей является для человечества страховочным вариантом.

В результате проведенных научных исследований были получены следующие основные выводы:

1. Безвозвратное водопотребление по хозяйственно-питьевому виду использования в Есильском бассейне составляет от 33 до 54 % от суммарного безвозвратного водопотребления, максимальное значение по безвозвратному хозяйственно-питьевому водопотреблению было в 2016 г.

Безвозвратное водопотребление по производственному виду использования составляет от 24 до 64 % от суммарного безвозвратного водопотребления, максимальное значение было в 2019 г. Безвозвратное водопотребление (сельское хозяйство) от полного безвозвратного водопотребления составляет до 30 % (максимальное значение наблюдалось в 2005 г.).

2. В Есильском бассейне на фоне резкого увеличения объема общего водопотребления за период с 2017-2019 гг., объем коммунального водопотребления увеличился. Применяя методику ГГИ для оценки влияния коммунального водопотребления на годовой сток, в данной диссертации рассчитано значение уменьшение среднегодового стока рек за счет коммунального водопотребления за период с 2005 по 2019 гг.

В Есильском бассейне уменьшение среднегодового стока рек за счет коммунального водопотребления составило в среднем от 10 до 16 %, максимальное уменьшение среднегодового стока рек за счет коммунального водопотребления наблюдалось в 2006, 2008-2009, 2011-2016 гг.

3. В Есильском бассейне уменьшение среднегодового стока рек за счет промышленного водопотребления составило в среднем от 5 до 10 %, максимальное уменьшение среднегодового стока рек за счет промышленного водопотребления наблюдалось в 2017, 2018, 2019 гг.

Рассчитанные величины уменьшения годового стока р. Есиль за счет промышленного водопотребления составили до 40988 тыс. м³ (2019 г.), или примерно 10 % от водозабора в бассейне. В данном бассейне, начиная с 2017 г. наметился рост промышленного производства и стали сооружаться новые предприятия с современными водосберегающими технологиями использования воды, следовательно, при расчетах на перспективу до 2030 г. необходимо учитывать тенденцию возможного уменьшения среднегодового стока рек за счет промышленного водопотребления.

4. К максимальным величинам безвозвратного водопотребления на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение в рассматриваемом бассейне относятся следующие годы: 2007, 2009 гг. (сельхозводоснабжение), 2005, 2010, 2017 гг. (регулярное орошение), 2005, 2007 гг. – лиманное орошение.

Обращает на себя внимание очень резкое уменьшение безвозвратного водопотребления за последние десять лет в рассматриваемом регионе, орошаемые площади в бассейне р. Есиль по сравнению с 1990 г. уменьшились в 1,2 раза. Это объясняется интенсивным сокращением фактически поливаемых земель в бассейне, которое сопровождается уменьшением поливных норм.

Список использованных источников

1. Охрана окружающей среды в Республике Казахстан. Статистический сборник (2016-2020). Агентство по стратегическому планированию и реформам РК. Бюро Национальной статистики. – Нур-Султан, 2021. – 244 с.
2. Охрана окружающей среды в Республике Казахстан. Статистический сборник (2015–2019). Агентство по стратегическому планированию и реформам РК. Бюро Национальной статистики. – Нур-Султан, 2020. – 253 с.
3. Охрана окружающей среды в Республике Казахстан. Статистический сборник (2010-2014). Комитет по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан. – Астана, 2015. 159 с.
4. Охрана окружающей среды в Республике Казахстан. Статистический сборник (2006-2010). Агентство Республики Казахстан по статистике. – Астана, 2011. 192 с.
5. Tate D.M. Water Demand Management in Canada: A State-of-the-Art Review. Ottawa. Canada, 1990
6. Fleming N.S., Daniell T.M. Sustainable water resources management. // Water resources Journal. – 1994. – №183. – P. 16-23.
7. Seckler D., et. al. World Water Demand and Supply, 1990-2025. // IWMI Research Report. – 1998.
8. Водные ресурсы России и их использование / Под. ред. Шикломанов И.А. – СПб., 2008. – 600 с.
9. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 302 с.
10. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 335 с.
11. Шикломанов И.А., Маркова О.Л. Проблемы водообеспечения и переброски стока в мире. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 293 с.
12. Gleick P.H. The Worlds Water: Report on Fresh Water Resources. – Washington: DC, 1998.
13. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 374 с.
14. Молдахметов М.М., Сарсенбаев М.Х., Махмудова Л.К. Влияние малых водохранилищ и прудов на речной сток р. Есиль: Материалы Международной научной-практической конференции «Четвертые Жандаевские чтения». Проблемы экологической геоморфологии. – Алматы, 2007. – С. 175–180.

Данный модуль подготовлен при поддержке Регионального проекта USAID по водным ресурсам и окружающей среде
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