



USAID
ОТ АМЕРИКАНСКОГО НАРОДА

НЕКСУС ВОДЫ, ЭНЕРГИИ, ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ЭКОСИСТЕМ

Учебное пособие



Региональный проект USAID по водным ресурсам и окружающей среде

Данный курс был подготовлен на основе анализа учебных материалов по взаимосвязи “Вода-энергетика-продовольствие-экосистемы”, подготовленного в рамках реализации Регионального проекта USAID по водным ресурсам и окружающей среде.

Региональный проект выражает благодарность г-ну Каримову Акмал Хайитовичу за проведение данного анализа и подготовку курса.

Данный курс разработан в рамках Регионального проекта USAID по водным ресурсам и окружающей среде, финансируемого Агентством США по международному развитию (USAID). Изложенные взгляды и выводы выражают только точку зрения автора и не являются официальной точкой зрения USAID, Правительства США или Tetra Tech.

СОДЕРЖАНИЕ

МОДУЛЬ 1. ВВЕДЕНИЕ В КУРС. РОСТ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ЗЕМЛИ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА	3
1.1. НЕКСУС ВОДЫ-ЭНЕРГИИ-ПРОДОВОЛЬСТВИЯ-ЭКОСИСТЕМ. ВВЕДЕНИЕ	3
1.2. РОСТ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И НЕКСУС ВОДЫ, ЭНЕРГИИ, ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ЭКОСИСТЕМ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ	17
1.3. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА, ЛЕДНИКИ, ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	26
1.4. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В РЕГИОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ	47
МОДУЛЬ 2. НЕКСУС ВОДЫ, ЭНЕРГИИ, ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ЭКОСИСТЕМ. ОСНОВЫ .	65
2.1. ВОДНЫЙ СЛЕД ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ. ЦЕННОСТЬ ВОДЫ	65
2.2. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ВОДА-СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО	74
2.3. ВОДОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ВОДЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	85
2.4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТОК	92
2.5.ПРАВИЛА РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ С УЧЁТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА	100
2.6. ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, РАБОТАЮЩИХ НА ИСКОПАЕМОМ ТОПЛИВЕ	125
2.4. КОМБИНИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (ТЭЦ).....	137
МОДУЛЬ 3. МЕТОДОЛОГИЯ НЕКСУС ОЦЕНКИ	140
3.1.ПРИНЦИП РАЗДЕЛЕНИЯ ВЫГОД ПРИ РЕШЕНИИ НЕКСУС-ПРОБЛЕМ	140
3.2.ПРИМЕРЫ СОТРУДНИЧЕСТВА СТРАН ПО ТРАНСГРАНИЧНЫМ РЕКАМ	157
3.3. НЕКСУС ВОДНОЙ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В МЕСТНОМ КОНТЕКСТЕ	182
3.4. НЕКСУС МЕЖДУ ВОДОЙ, ЭНЕРГИЕЙ И ПРОДОВОЛЬСТВИЕМ В ПЛАНИРОВАНИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	188
3.5.МЕТОДОЛОГИЯ НЕКСУС-ОЦЕНКИ ВЗАИМОСВЯЗИ ВОДА-ПРОДОВОЛЬСТВИЕ-ЭНЕРГИЯ-ЭКОСИСТЕМА В ТРАНСГРАНИЧНЫХ БАССЕЙНАХ.....	201
МОДУЛЬ 4. ПРИМЕРЫ УСТОЙЧИВЫХ РЕШЕНИЙ НЕКСУСА ВЭПЭ	226
4.1. НЕКСУС ВОДЫ И ЭНЕРГИИ В ИРАНЕ	226
4.2. НЕКСУС ВОДЫ, ЭНЕРГИИ И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ В БАССЕЙНЕ Р. СЫРДАРЬИ	234
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СУЛЛАБУС КУРСА НЕКСУС ВОДЫ, ЭНЕРГИИ, ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ЭКОСИСТЕМ.	244

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие подготовлено по заданию Академической сети Университетов Центральной Азии и всемерно поддержано Проектом USAID по водным ресурсам и окружающей среде. Пособие подготовлено на основе изучения международного опыта по статьям, опубликованным в научных журналах, принадлежащих Elsevier, MDPI, Springer и другим издательствам. При подготовке пособия важную роль сыграли опыт и знания, полученные автором в период работы в Центрально-Азиатских офисах Международного центра по сельскохозяйственным исследованиям в засушливых районах (ИКАРДА) и Международного института управления водными ресурсами (ИВМИ).

Данное пособие посвящено взаимосвязи воды, энергии, продовольствия и экосистем, области мультидисциплинарных знаний, которая рассматривает управление водными ресурсами как элемент управления совокупности ключевых ресурсов, какими наряду с водой являются энергия, продовольствие и экосистемы. Данная дисциплина является продуктом и дальнейшим развитием курса Комплексное использование и охрана водных ресурсов в условиях усиления конкуренции за воду между нуждами экосистем и основными отраслями экономики, а именно сельского хозяйства и энергетики. Несмотря на то, что пособие подготовлено на основе изучения международного опыта, корни предлагаемого курса лежат в учениях проф. Саидрахман Шаабдиевича Мирзаева, основателя кафедры Экологии и управления водными ресурсами, Ташкентского Института Инженеров Ирригации и Механизации Сельского Хозяйства (“ТИИМСХ” НИУ). Мировоззрение С. Ш. Мирзаева по Аральской проблеме, путей решения водохозяйственных проблем Центральной Азии, замкнутой системе водопользования в сельском хозяйстве легли в основу данного курса.

Пособие состоит из 4 модулей, каждый из которых состоит из 3–4 разделов. В конце каждого раздела приведена использованная литература, рекомендуемая для дальнейшего изучения вопросов, рассматриваемых в пособии. Первый модуль посвящен основам курса, в которых приводится динамика численности населения и изменение климата, в мире и Центральной Азии. Второй модуль рассматривает инструменты некус-анализа, с помощью которых изучаются взаимосвязи воды,

энергии, продовольствия и экосистем. Третий модуль раскрывает методологию некус-анализа на двух уровнях—местном и трансграничном. Четвертый посвящен опыту отдельных стран в решении некус проблем. Данный курс включает несколько разделов из курса КИОВР для специальностей, где не читается этот курс, но эти разделы полезны для анализа некус проблем. При подготовке пособия к изданию автор получил ценные замечания и советы членов Академической сети университетов стран Центральной Азии, а именно Рахматиллоева Р., Жабудаева Т., Хикматова Ф., Садабаевой Д., Стрикеловой Е., Едалиевой М, Когутенко Л., Киктенко Л., за что выражает глубокую благодарность.

Данное пособие было бы невозможно подготовить в столь короткие сроки без всесторонней поддержки со стороны Проекта Агентства по международному сотрудничеству США по водным ресурсам и окружающей среде (WAVE). Автор особо признателен руководителю проекта Стрикеловой Е, координатору проекта по развитию потенциала и образованию Едалиевой М. и национальному специалисту проекта по Узбекистану Назарову И. за всемерное содействие и поддержку при подготовке данного пособия, организацию и координацию встреч членов академической сети, на которых обсуждались проблемы взаимосвязей водных, энергетических и продовольственных ресурсов и экосистем в Центральной Азии. Автор выражает свою признателен рецензентам проф. каф. Гидрологии суши Национального Университета Узбекистана Ф. Х. Хикматову, проф. каф. Экологии и управления водными ресурсами Б. Исмоилходжаеву и техническому директору ООО УзГИП У. В. Абдуллаеву за ценные замечания по улучшению содержания и структуры учебного пособия.

Данное пособие предназначено для докторантов, магистров специальности Комплексное использование и управление водными ресурсами, водная дипломатия и других смежных специальностей, где читается курс Некус воды, энергии, продовольствия и экосистем.

МОДУЛЬ 1. ВВЕДЕНИЕ В КУРС. РОСТ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ЗЕМЛИ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

1.1. НЕКСУС ВОДЫ-ЭНЕРГИИ-ПРОДОВОЛЬСТВИЯ-ЭКОСИСТЕМ. ВВЕДЕНИЕ

Содержание

1. Рост численности населения и продовольствие
2. Что означает нексус ВЭП?
3. Виртуальная вода и приобретение земель
4. От безопасности ресурсов к целям устойчивого развития

Рост численности населения и проблема продовольствия

Последние два столетия характеризовались интенсивным использованием природных ресурсов. Наличие горючих ископаемых, плодородных земель и полноводных рек создало условия для освоения миллионов гектаров орошаемых земель, обеспечения населения продовольствием и послужило основой процветания целых цивилизаций. К концу 20 века с ростом численности населения, постепенно, проявились негативные стороны ресурсозатратного развития, которое привело к усилению конкуренции за ресурсы, в первую очередь за водные и энергетические, их загрязнению, и истощению. Осознав надвигающуюся угрозу, в те годы, группа ученых (Meadows и др., 1972) выступила с предупреждением: «Если нынешние тенденции роста мирового населения, индустриализации, загрязнения, производства продуктов питания и истощения ресурсов останутся неизменными, пределы роста на этой планете будут достигнуты где-то в течение следующих ста лет...». Однако уже через 30 лет они отметили ускорение нарастания проблем и заявили, что «человеческая экономика сейчас выходит за важные пределы и что этот выход за пределы допустимого значительно усилится в ближайшие десятилетия» (Meadows et al., 2004).

Эти опасения были связаны с тем, что несмотря на наличие сотни миллионов орошаемых земель, большая часть населения не имела полноценного питания (Mohtar and Daher, 2012). Кроме того, рост цен на продовольствие свидетельствовал о нарастании нехватки природных ресурсов (Ringler et al., 2013). Истощение ресурсов пресной воды стало наиболее значимым вызовом человечеству в первом десятилетии двадцать первого века. Этому способствовали с одной стороны их ограниченность—всего 2.5% общих запасов воды на планете, с другой стороны рост потребности в воде, и низкие цены на воду, или энергию там, где вода бесплатна, результатом чего стало широко распространенное истощение подземных вод, исчезновение внутренних водоёмов и ценных водных экосистем. Аналогичные

тенденции стали нарастать в использовании энергетических, земельных, и растительных ресурсов. В то же время с сокращением располагаемых ресурсов (водных, энергетических, земельных, растительных...), стало необходимо определить приоритетные направления их использования. Мнения по этому поводу были и есть резко противоположные в зависимости от объективных и субъективных факторов.

Так в публикации «Водная безопасность: связь между водой, продовольствием, энергией и климатом» Всемирного экономического форума было подчеркнуто, что в отличие от энергии вода не имеет заменителей или альтернатив (WEF, 2011), в то время как другие (Sachs, 2015) отмечали, что «из всех проблем согласования роста с планетарными границами, пожалуй, нет более срочной и в то же время более сложной, чем проблема мировой энергетической системы». Эту же позицию отстаивает Smalley (2009), который отмечает, что наличие энергии даёт возможность получения доступа к другим.

Третья группа учёных, анализируя тенденции роста численности населения и обеспечения его продовольствием, отмечают, что потребности будут расти не только на воду, энергию, но и на продовольствие на нашей «горячей, голодной, многолюдной и быстро испаряющей планете» (WEF, 2011). Рост спроса на продукты питания, водные ресурсы и энергию, по оценкам NIC (2012), составит к 2030 году составит 35, 40 и 50 %, соответственно. В основе таких прогнозов лежит не только рост численности населения, но и нарастающая урбанизация, в результате которой к 2030 году будет необходимо удовлетворить потребности в ресурсах дополнительно трех миллиардов населения среднего класса (WWF и SABMiller, 2014), и улучшить условия жизни ещё одного миллиарда, не имеющего достаточного доступа к продовольствию, электричеству и чистой воде (IRENA, 2015).

Второе десятилетие 21 века характеризуется осознанием взаимосвязи между водой, энергией и продовольствия. Так, на Всемирном дне воды в марте 2011 года, Генеральный секретарь Организации Объединенных Наций, Бан-Ги Мун, отметил, что эта взаимосвязь является одной из самых серьезных проблем для будущего человечества. Уже в конце этого же года была созвана Конференция Бонн-2011: Связь между водой, энергией и продовольственной безопасностью – Решения для «зеленой» экономики, которая послужила катализатором широкого интереса к этой проблеме среди специалистов и ученых этих областей знаний, политиков, и доноров.

Несмотря на всеобщее признание проблемы взаимосвязи (нексус) воды, энергии и продовольствия (ВЭП), всё ещё имеются различные точки зрения по выделению её в отдельную область знаний. Так некоторые отмечают недостатки в нексусном мышлении и называют его незрелым подходом (Allouche et al., 2015), считают, что нексус ВЭП не имеет своей ниши; имеются конкурирующие концепции,

например Интегрированное управление водными ресурсами. (Benson et al., 2015) отмечают произвольность выбора воды, энергии и продуктов питания в качестве основных компонентов нексусной структуры для руководства и управления ресурсами (Wichelns, 2017). В качестве недостатка также указывается то, что в энергетическом секторе говорят о взаимосвязи «энергия-вода-продовольствие» (EWF), гидрологи и инженеры-водники называют ее взаимосвязью «вода-энергия-продовольствие» (WEF), в то время как представители сельскохозяйственного сообщества используют этот термин связь продовольствия-энергии-воды (FEW) (Liu и др., 2018).

Расхождение в терминологии ведёт к тому, что концептуальный подход к нексусу ВЭП обычно зависит от точки зрения конкретного исследователя (Bazilian et al., 2011). Наличие субъективного фактора приводит к тому, что некоторые считают её слишком узкой, если этот подход не увязан с изменением климата и окружающей средой, в тоже время, Allouche и др. (2015) считают относительно широкой и связывают её с зеленой экономикой, сокращением бедности и глобальной безопасностью ресурсов (Pandey and Shrestha, 2017).

Обзор изученности вопроса указывает на сложность вопроса, с одной стороны отмечается насущность проблем устойчивого использования продовольственных, водных и энергетических ресурсов, и экосистем, а с другой имеются попытки одностороннего подхода, с приданием приоритета в планировании использования и управлении одному из ресурсов в ущерб другим отмеченным, и экосистеме в целом. Отсюда необходимость специального изучения курса Нексус воды, энергии, продовольствия и экосистем (ВЭПЭ).

В данном вводном разделе сначала даётся определение термину «Нексус ВЭП». Представлен анализ того, является ли взаимосвязь ВЭП уникальным подходом или это просто 'перераспределение' существующих знаний по проблеме в отдельную дисциплину. Если каждая из областей знаний посвящена задаче оптимизации использования того или иного отдельного ресурса, что само по себе крайне важно, этот курс рассматривает задачу интеграции этих трёх ресурсных секторов и экосистем вместе с их компромиссами и синергией. Приводятся конкретные примеры. Задача интеграции указанных секторов рассматривается в двух плоскостях: через призму достижения безопасности ресурсов, которая служит движущей силой компромисса между окружающей средой и средствами к существованию, и; через анализ преимуществ нексус-подхода при разработке политики и руководства ресурсами. Изучение истории развития нексус-подхода позволяет подготовить обучающихся к изучению предоставляемого материала, а содержание курса постепенно переходит от нексуса ВЭП к нексусу ВЭПЭ.

Что такое нексус ВЭП? Слово нексус означает «соединять» (De Laurentiis et al.,

2016). Это слово передает взаимодействие между двумя или более элементами, будь то зависимости или взаимозависимости. Таким образом, Нексус ВЭП представляет собой изучение взаимосвязей между тремя рассматриваемыми ресурсными секторами, а также синергию, конфликты и компромиссы, которые возникают из-за того, как они управляются, т. е. вода для продовольствия и продовольствие для воды, энергия для воды и вода для энергии, продовольствие для энергии и энергия для продовольствия.

Первоначально главной областью познания Нексуса ВЭП, отмеченное на Всемирном экономическом форуме, была водная безопасность, поэтому некоторые называли её взаимосвязью безопасности ВЭП. В первые годы после Боннской конференции 2011 года (Pahl-Wostl, 2017) взаимосвязь ВЭП была сильно сосредоточена на безопасности ресурсов, но в последующем, использование концепции расширилось за счет учета взаимозависимостей и интеграции, и служит достижению устойчивого управления ресурсами. В основе нексус-подхода лежит “Нексусное мышление”.

Является ли концепция нексуса ВЭП новой? Многие авторы задаются вопросом, является ли нексусный подход ВЭП новым (Allouche et al., 2015; Venson et al., 2015; Wichelns, 2017). Так, в ФАО (2014), задаётся вопрос, является ли эта концепция просто «то же самое старое вино в новых бутылках» или она вносит что-то новое в дискурс устойчивого развития. Является ли нексус полным, поскольку представлены только три сектора. Изменение климата, окружающая среда, земля, леса, управление, урбанизация, отходы или средства к существованию — вот некоторые компоненты, которые могут оцениваться вместе с тремя секторами, которые составляют взаимосвязь ВЭП.

Так Wichelns (2017), отмечая широкое признание, которое получает концепция, подвергает сомнению выбор трех секторов ресурсов ВЭП в нексус-подходе. Venson и др. (2015) утверждают, что идеи философии нексуса, уже появлялись в других стратегиях, которые вошли в политические дискурсы в 1990-х годах. Так, когда впервые было предложено устойчивое развитие, было заявлено, что рост населения, продовольственная безопасность, энергетика, окружающая среда и городское развитие “связаны и не могут рассматриваться изолированно друг от друга” (Brundtland, 1987).

Muller (2015) также отмечал, что из материалов конференции ООН 1977 года следует, что мир уже в то время осознавал взаимозависимость между водой, продовольствием и энергией. Это становится очевидным из основополагающей работы «Пределы роста», в которой подчеркивается, что пять выявленных основных областей, представляющих глобальный интерес, «во многом взаимосвязаны» (Meadows et al., 1972). Cai и др. (2018) также отмечают, что после Гарвардской водной

программы в начале 1960-х годов наблюдается стремление исследовать водные ресурсы с использованием междисциплинарного подхода. Говоря о взаимосвязанной природе всех предметов изучения биосферы, Muir (1911) заявил, что «когда мы пытаемся выделить что-то само по себе, мы обнаруживаем, что оно связано со всем остальным во Вселенной». Там действительно «ничто не ново под солнцем».

Если взаимосвязь ВЭП не нова, то почему такой подход вызвал такой большой интерес со стороны таких организаций, как Всемирный экономический форум, Всемирный фонд дикой природы и ООН? Wichelns (2017) предполагает, что большая часть интереса к взаимосвязи связана с озабоченностью по поводу воздействия изменения климата на водную, энергетическую и продовольственную безопасность. Rasul and Sharma (2016) согласны, отмечая, что все указанные три сектора ресурсов подвержены влиянию изменения климата и что каждый из них, в свою очередь, вносит свой вклад в это воздействие путем накопления отходов и выбросов парниковых газов. Обобщая эти утверждения, Pandey и Shrestha (2017) заключают, что концепция взаимосвязи ВЭП приобрела известность как современный способ понимания и подхода к устойчивому развитию.

В чём же различия между Нексус-подходом, и аналогичными стратегиями в использовании водных ресурсов? Наиболее широко используемыми являются Комплексное использование и охрана водных ресурсов, Интегрированное управление водными ресурсами, бассейновое управление водными ресурсами.

Комплексное использование и охрана водных ресурсов (КИОВР) является начальной схемной стадией стратегического планирования развития водных ресурсов бассейна реки или крупной административной территории на перспективу, учитываются потребности в воде основных отраслей экономики, регламентируется распределение водных ресурсов между прибрежными странами и определяются пределы возможности развития приоритетной отрасли. В схемах КИОВР рассматриваются несколько вариантов развития одной приоритетной отрасли, нужды других отраслей являются заданными по этапам развития. Учитываются нужды всех отраслей экономики, но в условиях ограниченных водных ресурсов отдаются предпочтения отдельным, путём выделения трёх категорий водопользователей. Потребности в воде первой группы удовлетворяются полностью, второй лимитируются в условиях дефицита водных ресурсов, и третьей пренебрегаются, заменяя их альтернативными услугами. Например, вместо водного транспорта, конкурирующего за воду с орошаемым земледелием, планируют развитие железнодорожного транспорта.

Интегрированное управление водных ресурсов (ИУВР) является инструментом реализации планов, вовлекает институты, определяет их функции и согласует принципы решения возникающих споров. Планы краткосрочного развития водных

ресурсов могут являться частью ИУВР, оно базируется на стратегиях развития отраслей экономик и схемах КИОВР. В целом оно является дорожной картой достижения целей, заложенных в стратегических документах. Институциональные подходы доминируют над вопросами совершенствования инфраструктуры. Процесс управления водными ресурсами идёт как сверху вниз, так и снизу вверх. ИУВР строится в пределах гидрографических границ, от групп и ассоциаций водопользователей, каналов нижнего уровня до бассейна крупной реки.

Бассейновое управление водными ресурсами (БУ) обеспечивает регулирование и распределение водных ресурсов в соответствии с согласованно принятыми всеми прибрежными странами соглашениями по вододелению или использованию водных ресурсов единого речного бассейна. Оно предусматривает наличие органа по эксплуатации инфраструктуры, системы мониторинга и других систем, служб и сооружений необходимых для учёта, регулирования и распределения водных ресурсов. Все три подхода являются водоцентричными.

Первоначально ИУВР считалось панацеей устойчивого развития благодаря комплексному анализу секторов и ресурсов (Куриан, 2017), при этом направленном на управление водными ресурсами. Организация Объединённых Наций включила ИУВР в состав Целей развития тысячелетия (ЦРТ) (Benson et al., 2015). Однако со временем, практика внедрения ИУВР показала сложности её внедрения (Духовный, 2020). В то же время, в структуре нексус-подхода ВЭП имеются отдельные инновационные элементы, такие как целостная интеграция различных секторов, определяющих их политику, что указывает на то, что она имеет свою нишу при анализе междисциплинарных вызовов (Benson и др., 2015).

Несмотря на то, что междисциплинарный характер подхода не нов, основная причина продвижения нексус-подхода ВЭП, по сравнению с ИУВР и другими подходами в управлении ресурсами, заключается в том, что он многоцентричен, и каждый сектор рассматривается с одинаковой важностью, в то время как КИОВР, ИУВР или БУ ориентированы на водные ресурсы. Отсюда, взаимосвязь ВЭП может быть принята более широким кругом заинтересованных сторон, чем ИУВР, особенно в сельскохозяйственном и энергетическом секторах (Cai и др., 2018). Вот почему более стратегически важно изучать ВЭП, а не концентрироваться на водно-энергетических проблемах.

Интеграция и оптимизация нексуса ВЭП. Интеграция нескольких ресурсных секторов одновременно можно представлять собой серьёзную проблему (de Loe and Patterson, 2017). Так, отсутствие успеха во внедрении интегрированного управления природными ресурсами (ИУПР) или ИУВР на практике уже само подвергает сомнению призыв к интеграции секторов (Wichelns, 2017). При ИУВР управление водными ресурсами реализуется на гидрографическом принципе, в то время как управление земельными ресурсами происходит очень часто на административном уровне;

управление энергией, в целом, происходит в другой плоскости. Критика ИУВР связана с тем, что оно недооценивает важность административных границ, и сосредоточена только на гидрологических водосборах (Kurian, 2017). В этих условиях, некусный подход может содействовать решению проблем, имеющих в управлении водными ресурсами.

Многоцентричность некус-подхода, путь к интеграции отдельных ресурсных секторов через компромиссы хотя и усложняют задачу, как показывает опыт управления взаимосвязанными ресурсами природными ресурсами во многих странах мира является наиболее обоснованным подходом к устойчивому развитию. Сложность поиска решения проблем приводит к тому, что не существует универсальной модели для некус-решений—каждая задача требует многовариантной постановки по каждому некус ресурсу. Поиск компромиссов является основой интеграции взаимосвязанных ресурсов (Daher и др., 2017). Пример локализации связи ВЭП на субнациональном уровне представлен в «Примере из практики 1».

Пример 1 (Simpson и соавторы, 2021):

В провинции Mpumalanga в Южной Африканской Республике распространены основные запасы угля этой страны и размещено большинство электростанций, работающих на ископаемом топливе. В то же время на эту провинцию приходится 46.4% площади высокоплодородных почв, площадь которых в Южной Африке составляет только 1,5% всех пахотных почв. Выработка же угля, особенно открытым способом, постоянно сокращает площадь высокоплодородных пахотных почв. Таким образом, стремление Южной Африки к энергетической зависимости от ископаемого топлива не только угрожает продовольственной безопасности, но и ведёт к загрязнению воздуха и ухудшению качества воды. Некус-подход ВЭП указывает на необходимость ускоренного внедрения производства возобновляемой энергии, что позволит обеспечить низкоуглеродное устойчивое развитие.

Глобализация усложняет вопросы некус анализа. Взаимодействие между водой, энергией и продовольствием становится сложным, когда продукты питания постоянно пересекают международные границы. Вода перемещается между странами как встроенный компонент в продукты питания или другие продукты в качестве виртуальной воды. С концепцией виртуальной воды тесно связаны крупномасштабные приобретения земли (LSLA). Некоторые развитые страны начали выкупать земли в развивающихся, таких как Гвинея, Сьерра-Леоне и Мозамбик (Siciliano et al., 2017). Тем самым получается доступ не только к земельным, но и водным ресурсам для производства биотоплива и продуктов питания. Однако, крупномасштабные приобретения земли развитыми странами часто не служат

интересам местных сообществ, в этих странах сохраняется недоедание и экономическая нехватка воды.

Количественная оценка движения виртуальной воды между странами и регионами — не единственная проблема, которая усложняет анализ сложных систем. Это связано в первую очередь с необходимостью сбора множества данных для проведения нексус-анализа. Анализ сложных систем связан не только с проблемой сбора данных, но и различием пространственных и временных масштабов взаимосвязанных ресурсов. Так оценка взаимосвязи ВЭП может быть проведена на уровне города, бассейна, страны или региона. Пример региональной оценки представлен в «Примере из практики 2».

Пример 2 (Simpson и соавторы, 2021):

В Южной Азии, занимающей менее 5% площади суши, проживает около четверти населения мира. Для обеспечения продовольственной безопасности многие страны Южной Азии поощряют производство фермерами продуктов питания, включая предоставление субсидий на ирригацию, энергию и удобрения, а также гарантию минимальных цен на сельскохозяйственную продукцию. В результате наличие бесплатной электроэнергии часто приводит к тревожным темпам снижения уровня грунтовых вод, поскольку субсидии способствуют тому, что фермеры не заинтересованы эффективно использовать воду или электроэнергию. В результате кажущееся легкое решение несложной задачи по поэтапному отказу от субсидий на воду, энергию или землю оказывается на практике труднореализуемым, а вводимые платежи за воду и энергию часто слишком низки, чтобы повлиять на поведение фермеров. Расточительное использование ресурсов граничит с другой проблемой, когда обеспеченное водой и энергией низкокзатратное сельское хозяйство может явиться источником угрозы продовольственной безопасности. Интеграция ресурсов ВЭП направлена на преодоление этих вызовов.

Еще одной проблемой, связанной с поиском оптимизации взаимосвязи ВЭП, является то, что, сосредоточившись на потребностях населения, и пытаясь достичь равновесия между тремя приоритетными ресурсами, можно недооценить экологический фактор или изменение климата.

На определенном этапе взаимосвязь ВЭП была акцентирована на ресурсной безопасности, поскольку наличие и состояние всех трёх рассматриваемых секторов определяло экономический рост. Так, Biggs и соавторы (2015) отмечали, что нексусные структуры, которые не смогли адекватно включить средства к существованию в свое мышление, то есть безопасность ресурсов для всех не нацелена на достижение целей устойчивого развития (Biggs и др., 2015). Первоначально, устойчивость была сосредоточена на справедливости

распределения ресурсов; когда риски, связанные с нехваткой воды, энергии и продовольствия, стали глобальной проблемой, её стали рассматривать с точки зрения безопасности ресурсов (WEF, 2011; NIC, 2012). Но, повышение продовольственной безопасности на макроуровне само по себе не означает снижение распространенности недоедания, т.е. не приводит к цели устойчивого развития 2 (ЦУР 2), а улучшение водной безопасности может не привести к чистой воде и улучшенным санитарно-техническим средствам на всех уровнях, т. е. к ЦУР 6, отсюда “безопасность” должна относиться не только к наличию ресурсов, но и к универсальному доступу к ним (Biggs, 2015).

Объединение воды, энергии и продовольствия в нексусной структуре для повышения эффективности использования ресурсов можно рассматривать как необходимый способ достижения ЦУР (Rasul и Sharma, 2016). Для устойчивого обеспечения безопасности ресурсов для всех необходимо поддерживать целостность экосистемных услуг и связанной с ними ресурсной базы, в то время как доступ к ресурсам расширяется и консолидируется. Это схематически представлено на Рис. 1, где все ЦУР прямо или косвенно связаны с продуктами питания. Rockström и Sukhdev (2016), разработавшие эту иллюстрацию, предполагают, что цели искоренения бедности (ЦУР 1) и голода (ЦУР 2) требуют гендерного равенства (ЦУР 5), адекватных рабочих мест (ЦУР 8) и сокращения неравенства (ЦУР 10). Нексусный подход становится инструментом достижения целей ЦУР только в том случае, если он рассматривает окружающую среду как незаменимую основу (Ringler и др., 2013; de Grenade и др. 2016). Экологические аспекты становятся особенно важными в условиях, когда планетарные границы находятся под угрозой (Rockstrom et al., 2009), как и предсказывали Meadows и др. (1972).

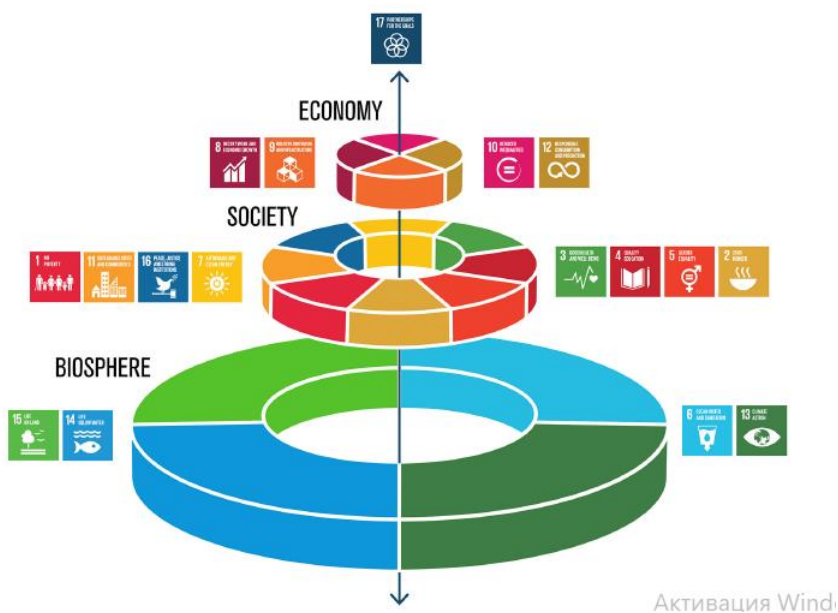


Рис. 1. Способ рассмотрения Целей в области устойчивого развития и того, как они все связаны с продуктами питания (Rockström and Sukhdev, 2016). Все ЦУР прямо или косвенно связаны с продуктами питания. Цели искоренения бедности (ЦУР 1) и голода (ЦУР 2) требуют гендерного равенства (ЦУР 5), адекватных рабочих мест (ЦУР 8) и сокращения неравенства (ЦУР 10).

Из этой схемы можно сделать вывод о том, что продовольствие является приоритетным ресурсом для принятия решений (?!); однако более важно, то, что она указывает на наличие взаимосвязей между окружающей средой (биосферой), обществом и экономикой. Задача состоит в том, чтобы разработать политику, которая поддерживает устойчивость водных, энергетических и продовольственных ресурсов, одновременно обеспечивая доступ к этим ресурсам для всех слоёв общества. Достижение устойчивости обязательно требует уделения в нексус-подходе приоритетного внимания защите экосистем (ВЭПЭ). Философия потребления, суммированная Boulding (1966) как “Давайте есть, пить, тратить, извлекать и загрязнять, и веселиться, как можем, и пусть потомство беспокоится о космическом корабле Земля” бросает вызов устойчивому развитию, которое призывает обеспечить потребности нынешнего поколения не причиняя угрозу способности следующих поколений удовлетворить свои потребности (Brundtland, 1987).

В нексус-анализах иногда может отсутствовать акцент на вопросах руководства. Руководство включает в себя широкий спектр частных и государственных систем, которые управляют спросом и предложением воды, энергии и продуктов питания (Pahl-Wostl, 2017). Обеспечение доступа к улучшенным источникам воды, средствам санитарии и электрификации рассматривается большинством граждан как барометр надлежащего управления и находит отражение как в Целях развития тысячелетия (ЦРТ), так и в ЦУР. Эффективное управление взаимосвязи возникает тогда, когда активно осуществляется интеграция ресурсных секторов, так что, усиливается синергия между доступностью воды, производством энергии и производством продуктов питания, регулируются компромиссы и предотвращаются потенциальные конфликты (Benson и др., 2017). Пример управления взаимосвязью ВЭПЭ и рассеяние потенциального международного конфликта, представлен в “Примере 3”.

Пример 3 (Smajgl и др., 2016):

В нексусной оценке ВЭПЭ бассейна р. Меконг было установлено, что значительное развитие гидроэнергетики может, помимо прочего, привести к сокращению рыбных запасов и разнообразия рыб, а также доступности воды для пользователей, расположенных ниже по течению. Политика управления спросом на энергию, а не фокус только на энергоснабжение и мощности, может уменьшить негативное воздействие гидроэнергетики на продовольственную и водную безопасность в этом крупном речном бассейне. Эта рекомендация по вмешательству

в политику, вероятно, не была бы достигнута, если бы была проведена одноотраслевая оценка энергетики, а не некусная оценка ВЭПЭ.

Решение некус-проблем связано с усилением роли национальных институтов планирования—даже в отдельных развитых странах может иметь место изолированное управление секторами. Некус - подход становится важным компонентом планирования развития, когда она рассматривается в пределах нескольких стран одного региона. Но успешное региональное сотрудничество и реализация некус-подхода ВЭПЭ требует наличия соответствующих институтов, заблаговременно, на национальном уровне. Отдельным странам необходимо будет разработать свои собственные структуры управления ВЭПЭ, прежде чем они смогут участвовать в международных усилиях в этом отношении. Другим ведущим к межсекториальным конкуренциям фактором являются высокие темпы урбанизации, которые указывают на необходимость включения этого фактора в некус - анализ.

Еще один аспект, связанный с некусным управлением ВЭПЭ, — это отходы. Отходы могут стать важным ресурсом в условиях недостатка водных или топливных ресурсов, что с другой стороны может сократить спрос на первичные ресурсы (Scanlon и др., 2017). Пример выгоды, которую можно получить от переработки отходов, представлен в “Примере из практики 4”.

Пример 4 (Walker и соавторы, 2014):

Отходы являются неотъемлемым компонентом производства и могут стать четвертым основным компонентом некус систем. Пример по утилизации отходов, предполагает, что разделением мочи можно восстановить 47% азота, содержащегося в продовольствии, потребляемом в Лондоне. Это может потенциально принести доход в размере 33 миллионов долларов в год от производства удобрений. Это практика может сократить количество выбросов отходов и обеспечит доход, который может быть использован на совершенствование очистки воды, и обеспечит ключевой ресурс для использования в сельскохозяйственном секторе.

Приведенные выше примеры подтверждают практическую значимость некус-анализа для решения межсекториальных проблем с включением ключевых ресурсов и экосистем, урбанизации, отходов или других систем, применительно к конкретным условиям.

Выводы

С 2011 года взаимосвязь ВЭПЭ широко пропагандируется в кругах по вопросам политики и развития. У этой структуры есть потенциально сильные стороны, хотя она

также сталкивается с проблемами при реализации на практике. Недостатком является узкое рассмотрение проблем на уровне водно-энергетическом, или ВЭП, поскольку при этом не учитываются такие важные факторы как окружающая среда или изменение климата.

Нексус-подход необходимо использовать для обеспечения надлежащей ресурсной безопасности для всех, таким образом, “никого, не оставляя без внимания”. Нексус должен одновременно включать окружающую среду как незаменимую основу взаимосвязи и охранять её.

Многоцентричный подход добавит сложности, особенно когда в оценку включаются движущие силы, взаимосвязи и компромиссы, но в этом и есть особенность этого подхода—через анализ взаимосвязей находится оптимальное решение.

Нексусный подход ВЭПЭ не имеет универсальной модели; его необходимо масштабировать и/или модифицировать (иногда значительно) применительно к различным условиям, например природных условий, ключевых отраслей экономики, или уровня развития общества. Отсутствие тех или иных необходимых данных может служить барьером для эффективного применения нексус-подхода.

Многоцентричный нексусный подход ВЭПЭ обеспечивает лучшие средства решения сложных проблем развития и безопасности, с которыми сталкивается мировое сообщество, чем существующие структуры, такие как ИУВР. Структура взаимосвязи ВЭП рассматривается многими авторами как многообещающая для разработки политики и структур управления в мире, который сталкивается с изменением климата, ростом населения и неравенством с точки зрения доступа к ресурсам. Поэтому увязка нексусных оценок ВЭП с экосистемами (ВЭПЭ) и ЦУР является обязательной.

Практическое занятие:

Проводится в форме семинара, к которому магистранты должны подготовить реферат, описывающий ту или иную нексус-проблему.

Вопросы, по которым оценивается освоение данного лекционного материала:

1. Что изучает курс Нексус воды, энергии и продовольствия.
2. Что является областью познания курса Нексус ВЭП.
3. В чем заключается роль окружающей среды в нексус-подходе.
4. Что необходимо для широкой поддержки нексус-подхода.
5. Что необходимо для использования потенциала регионального сотрудничества и реализации нексус-подхода ВЭП.
6. Какие сектора экономики или факторы могут быть четвёртым элементом в

нексус-подходе.

7. Что включает в себя “Безопасность” ресурсов.
8. При каком условии нексус структуры не нацелены на достижение целей устойчивого развития.
9. Что означает многоцентричность нексус-подхода.
10. Что означает нексус-мышление

Литература

1. Вернадский. Наука о биосфере
2. Духовный В.А. Интегрированное управление водными ресурсами
3. Мирзаев С.Ш., Валиев Х. И. Комплексное использование и охрана водных ресурсов.
4. Allouche, J., Middleton, C., and Gyawali, D. (2015). Technical Veil, Hidden Politics: Interrogating the Power Linkages behind the Nexus. *Water Altern.* 8, 610–626.
5. Bazilian, M., Rogner, H., Howells, M., Hermann, S., Arent, D., Gielen, D., et al. (2011). Considering the energy, water and food nexus: towards an integrated modelling approach. *Energy Policy* 39, 7896–7906. doi: 10.1016/j.enpol.2011.09.039.
6. Benson, D., Gain, A. K., and Rouillard, J. J. (2015). Water governance in a comparative perspective: from IWRM to a 'Nexus' approach? *Water Altern.* 8, 756–773.
7. Biggs, E. M., Bruce, E., Boruff, B., Duncan, J. M. A., Horsley, J., Pauli, N., et al. (2015). Sustainable development and the water–energy–food nexus: a perspective on livelihoods. *Environ. Sci. Policy* 54, 389–397. doi: 10.1016/j.envsci.2015.08.002.
8. Boulding, K. E. (1966). “The economics of the coming spaceship earth,” in *Environmental Quality in a Growing Economy*, ed H. Jarrett (Baltimore: Resources for the Future, Johns Hopkins University Press), 3–14.
9. Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future*. Report of the World Commission on Environment and Development.
10. Cai, X., Wallington, K., Shafiee-Jood, M., and Marston, L. (2018). Understanding and managing the food-energy-water nexus – opportunities for water resources research. *Adv. Water Resource.* 111, 259–273. doi: 10.1016/j.advwatres.2017.11.014.
11. Daher, B., Mohtar, R. H., Lee, H., and Assi, A. (2017). “Modeling the water-energy food nexus,” in *Water-Energy-Food Nexus: Principles and Practices*, eds P. Abdul Salam, S. Shrestha, V. Prasad Pandey, and A. K. Anal (Washington, DC: John Wiley and Sons, Inc.), 55–66.
12. De Laurentiis, V., Hunt, D. V. L., and Rogers, C. D. F. (2016). Overcoming food security challenges within an energy/water/food nexus (EWFN) approach. *Sustainability* 8:95. doi: 10.3390/su8010095. Liu, J., Yang, H., Cudennec, C., Gain,

- A. K., Hoff, H., Lawford, R., et al. (2017). Challenges in operationalizing the water–energy–food nexus. *Hydrol. Sci. J.* 62, 1714–1720. doi: 10.1080/02626667.2017.1353695
13. De Loe, R. C., and Patterson, J. J. (2017). Rethinking water governance: moving beyond water-centric perspectives in a connected and changing world. *Nat. Resour. J.* 57, 75–99. Available online at: <http://digitalrepository.unm.edu/nrj/vol57/iss1/4>.
 14. IRENA (2015). *Renewable Energy in the Water, Energy and Food Nexus*. IRENA.
 15. Kurian, M. (2017). The water-energy-food nexus: trade-offs, thresholds and transdisciplinary approaches to sustainable development. *Environ. Sci. Policy* 68, 97–106. doi: 10.1016/j.envsci.2016.11.006.
 16. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., and Behrens, W.W. III. (1972). The limits to growth. *South. Afr. J. Sci.* 211, 1–205.
 17. Meadows, D., Randers, J., and Meadows, D. (2004). *The Limits to Growth: The 30-Year Update*. London: Earthscan.
 18. Mohtar, R. H., and Daher, B. (2012). “Water, energy, and food: the ultimate nexus,” in *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*, 2nd Edn, eds D. R. Heldman and C. I. Moraru (Taylor & Francis). doi: 10.1081/E-EAFE2-120048376
 19. Muller, M. (2015). The ‘Nexus’ as a step back towards a more coherent water resource management paradigm. *Water Altern.* 8, 675–694.
 20. NIC (2012). *Global Trends 2030: Alternative Worlds*. New York, NY: NIC.
 21. Pahl-Wostl, C. (2017). Governance of the water-energy-food security nexus: a multi-level coordination challenge. *Environ. Sci. Policy.* 92, 356–67. doi: 10.1016/j.envsci.2017.07.017.
 22. Pandey, V. P., and Shrestha, S. (2017). “Evolution of the nexus as a policy and development discourse,” in *Water-Energy-Food Nexus: Principles and Practices*, eds P. A. Salam, S. Shrestha, V. P. Pandey, and A. K. Anal (Washington, DC: John Wiley and Sons, Inc), 11–20.
 23. Rasul, G., and Sharma, B. (2016). The nexus approach to water–energy–food security: an option for adaptation to climate change. *Climate Policy* 16, 682–702. doi: 10.1080/14693062.2015.1029865.
 24. Ringler, C., Bhaduri, A., and Lawford, R. (2013). The nexus across water, energy, land and food (WELF): potential for improved resource use efficiency? *Cur. Opin. Environ. Sustain.* 5, 617–624. doi: 10.1016/j.cosust.2013.11.002.
 25. Rockström, J., and Sukhdev, P. (2016). *How Food Connects All the SDGs*. Stockholm Resilience Centre.
 26. Sachs, J. D. (2015). *The Age of Sustainable Development*. New York, NY: Columbia University Press.
 27. Siciliano, G., Rulli, M. C., and D’Odorico, P. (2017). European large-scale farmland investments and the land-water-energy-food nexus. *Adv. Water Resour.* 110, 579–590. doi: 10.1016/j.advwatres.2017.08.012.

28. Simpson P, Jewitt G, P, W. 2021. The Development of the Water-Energy-Food Nexus as a Framework for Achieving Resource Security: A Review. www.frontiersin.org
29. Walker, V. R., Beck, M. B., Hall, J. W., Dawson, R. J., and Heidrich, O. (2014). The energy-water-food nexus: Strategic analysis of technologies for transforming the urban metabolism. *J. Environ. Manage.* 141, 104–115. doi: 10.1016/j.jenvman.2014.01.054.
30. WEF (2011). Water Security: The Water-Energy-Food-Climate Nexus. World Economic Forum Initiative.
31. Wichelns, D. (2017). The water-energy-food nexus: Is the increasing attention warranted, from either a research or policy perspective? *Environ. Sci. Policy* 69, 113–123. doi: 10.1016/j.envsci.2016.12.018.
32. WWF and SABMiller (2014). The Water-Food-Energy Nexus: Insights into Resilient Development. Available online at: http://assets.wwf.org.uk/downloads/sab03_01_sab_wwf_project_nexus_final.pdf.

1.2. РОСТ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И НЕКСУС ВОДЫ, ЭНЕРГИИ, ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ЭКОСИСТЕМ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Содержание

1. Рост численности населения в ЦА регионе
2. Обеспеченность водными, энергетическими и земельными ресурсами

Введение

Водные, энергетические, продовольственные и экосистемные (ВЭПЭ) взаимосвязи в Центральной Азии (ЦА) являются одними из наиболее ярких примеров сложных нексус-проблем. Анализ демографических трендов, изменения климата, динамики обеспеченности водными, энергетическими и продовольственными ресурсами показывает, что в регионе ЦА происходят глубокие изменения, которые необходимо учитывать в целях устойчивого развития региона. Эти изменения касаются роста народонаселения, обеспеченности водными и энергетическими ресурсами не только пяти стран ЦА, но и сопредельных, в том числе Афганистана (часть ЦА), Пакистана, Индии и Китая. Такое расширение границ анализа крайне важно не только для понимания проблем, но и для учёта возможных рисков согласованному планированию использования этих ресурсов в целях устойчивого развития региона.

Нексусу ВЭ или ВЭП в бассейнах рек Центральной Азии посвящены исследования

многих авторов. Ещё в 2011 г, анализируя выступления граждан на Ближнем Востоке, в результате которого были заменены несколько правительств, Maas и соавторы (2011) отметили, что эти недовольства были вызваны не только глубоким социально-экономическим неравенством, но также быстрым ростом цен на продукты питания и энергоносители. На основе этого был сделан вывод о том, что без своевременных и существенных действий, ЦА может столкнуться с аналогичными потрясениями из-за воздействия изменения климата на взаимосвязь между водными ресурсами, энергией и сельским хозяйством. Ещё ранее, в 1995 г., из прогнозов роста дефицита водных ресурсов в мире, составленного Международным институтом управления водными ресурсами (ИВМИ) на 2025 год можно было предвидеть надвигающиеся социальные проблемы в регионах с дефицитом водных ресурсов. Поскольку в ЦА потепление климата происходит быстрее чем в среднем в мире, влияние изменение климата скажется скорее и глубже, поэтому принятие мер по адаптации является неотложной задачей.

Рассматривая лучшие практики нексуса Воды-Энергии-Продовольствия-Экосистем в бассейне р. Дунай, Brears (2020) отмечает важность трех практик в ЦА региона. Эти практики, следующие:

- схема маркировки энергоэффективности в Узбекистане. Необходимость повышения энергоэффективности объясняется в первую очередь тем, что энергоресурсы распределены крайне неравномерно по региону. Так гидроэнергетический потенциал размещен в основном в верхнем течении, в то время как горючие ископаемые в странах нижнего течения, что обуславливает необходимость сотрудничества и эффективного использования как водных, так и энергоресурсов. Схема маркировки энергоэффективности, принятая в Узбекистане с 2015 года направлена на решение этой задачи;
- повышение продуктивности воды в сельском хозяйстве;
- использование отходов животноводства на производство энергии, отопления или электроэнергии.

Нексус ВЭПЭ в ЦА имеет трансграничный контекст. Для решения нексус-проблем в аналогичных условиях в мире широко используется методология оценки разработанная ЕЭК ООН (2018), которая состоит из шести этапов:

- (1) Изучение текущего состояния вопроса,
- (2) Определение круга ключевых секторов, компетентных органов и заинтересованных сторон;
- (3) Анализ стратегии, политики, норм и правил;
- (4) Межсекторальный и трансграничный диалог;
- (5) Диалог по нексусным вопросам по возможным решениям приоритетных вопросов;
- (6) Поиск возможных путей усиления синергизма в управлении водными и другими ресурсами на основе ряда технических решений и мер политики.

Lipponen (2021), оценивая нексус ВЭПЭ для трансграничного бассейна – с фокусом на прошедшие уроки и возможности для ЦА, идёт дальше и отмечает:

- что улучшение управления взаимосвязанными водными, энергетическими и земельными и экосистемными ресурсами, должно рассматривать не только проблемы финансирования и технологий, но и вопросы изменения мышления и поведения, путей планирования и реализации интервенций, а также руководства;
- важность участия в процессе всех стран трансграничного бассейна, основные сектора и ключевых бенефициаров, соавторство выводами, для интеграции местных знаний и развития потенциала;
- необходимость строительства взаимодополняющей институциональной платформы и диалога.

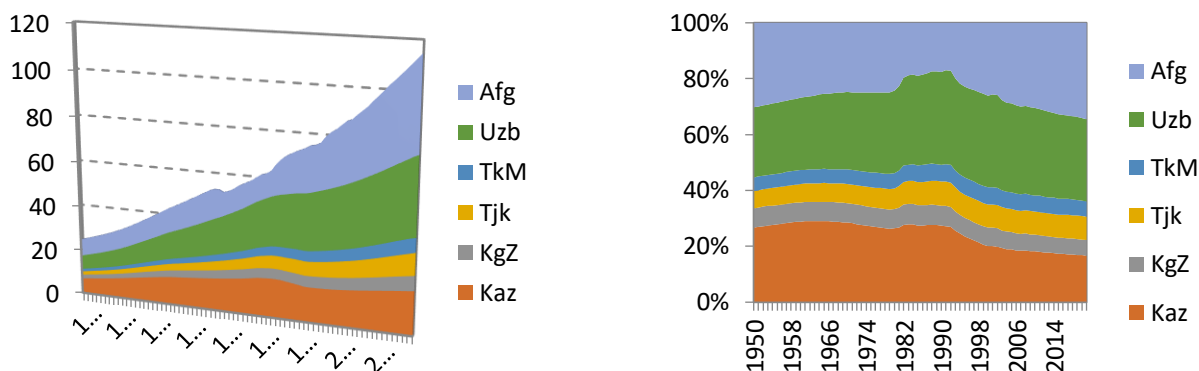
Подчёркивая важность межсекториального и межгосударственного сотрудничества, Votta и др. (2022) дают оценку выгод усиления регионального сотрудничества в ЦА по управлению водными, энергетическими и земельными ресурсами. Они подчёркивают, что региональное сотрудничество только в энергетическом секторе может принести дополнительную выгоду от 0.5 млрд до 6.4 млрд дол. США в год Казахстану, Кыргызстану, Таджикистану и Узбекистану, а отсутствие сотрудничества нанести убытки в размере 4.5 млрд (1.6% регионального ВНП) дол. США.

Приведенный анализ изученности вопроса показывает наличие различных подходов к решению проблемы, что указывает на необходимость дальнейших исследований нексуса ВЭПЭ применительно к ЦА региону, поскольку нексус проблемы не имеют единой модели решений и требуют особого подхода в каждом случае. Отсюда цель данного раздела заключается в анализе особых условий нексус взаимосвязей в ЦА регионе.

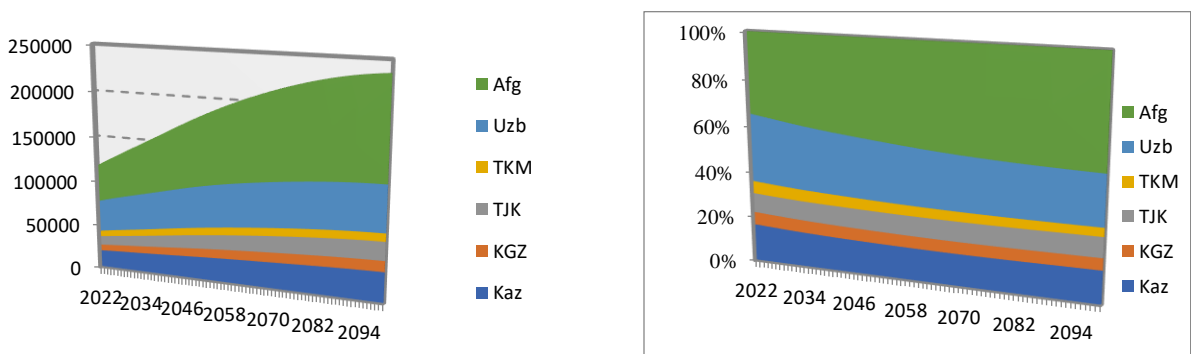
Фактор 1: Демографический. На рис. 1.а. по данным ООН (2022) показано изменение численности населения стран ЦА, включая Афганистан, с 1950 по 2020 г. С учетом тренда роста численности населения, страны региона можно разделить на три группы:

- (1) Страны с относительно низкими темпами роста численности населения, Кыргызская Республика и Туркменистан. Сюда же можно отнести и Таджикистан, где прирост населения выше, но по численности населения, эта страна близка к перечисленным странам;
- (2) Казахстан, где рост численности населения также относительно невысок, но численность населения выше, чем в первой группе;
- (3) Узбекистан и Афганистан, долгое время эти страны имели примерно равную численность населения (до начала 1990-х), но затем с конца 1990-х в Афганистане

отмечается более высокий прирост населения. К середине 2022 года население Афганистана превысило население Узбекистана на 7 млн человек. К этому периоду население региона составило более 116 млн (Рис. 1.b), при этом население Афганистана составляет примерно 36% общей численности населения региона, что необходимо учитывать при разработке сценариев использования ресурсов уже в ближайшем будущем.



а) Численность населения в млн человек б) В процентах от общего населения
Рис.1. Динамика численности населения стран Центральной Азии, 1950-2021 (ООН, 2022)



а) Численность населения в млн человек б) В процентах от общего населения
Рис.2. Прогноз численности населения стран Центральной Азии, 2022-2100 (ООН, 2022)

Анализ прогнозных трендов (Сценарий Максимума) роста численности населения региона (ООН, 2022) на 2022–2100 годы (Рис. 2.a) указывает на существенное различие в национальных трендах. В большинстве стран региона к середине столетия отмечается стабилизация численности населения, в то время как в Афганистане численность населения будет расти до конца столетия. К середине столетия в регионе будут проживать 177 млн человек, из которых на Афганистан будет приходиться 42%, а к концу столетия 237 млн, прирост населения в этот период может составить 60 млн. Доля населения Афганистана, в котором стоят

остро вопросы обеспечения населения продовольствием, электроэнергией и водой, к этому периоду может увеличиться до 48% общей численности региона (Рис 2.b). Всё это может ещё больше усложнить вопросы использования стока трансграничных рек, Амударьи и Сырдарьи, обеспечения населения стран региона продовольствием и электроэнергией.

Фактор 2: Обеспеченность водными ресурсами. В таблице 1 представлен сток рек по странам региона, формируемый внутри стран, и забор воды из источников, а на Рис. 3 динамика обеспеченности водными ресурсами на душу населения. До 1990 года, в условиях относительно высокой обеспеченности водными ресурсами, водозабор из трансграничных рек был согласован странами региона с учетом возмещения странами дефицита водных- и энергоресурсов (Схема КИОВР бассейна р. Сырдарьи, 1985, Схема КИОВР бассейна р. Амударьи, 1990). В таблице 1 приведены данные по поверхностным водным ресурсам стран ЦА и фактическое распределение водных ресурсов. На основе численности населения и объемов располагаемых водных ресурсов оценена водообеспеченность стран на душу населения (Рис. 3).

В последующий период с ростом потребности в электроэнергии, наличии в верхнем течении рек большого неиспользованного потенциала для развития гидроэнергетики усложнило вопросы водodelения. В международной практике в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов, водообеспеченность стран рассчитывается на душу населения. Водообеспеченность стран Центральной Азии представлена на Рис. 4, откуда видно, что в большинстве стран региона, водообеспеченность постепенно приближается к 1000 м³ в год стока рек на душу населения. Исключениями являются Туркменистан, где эта величина значительно больше, чуть менее 4000 м³ в год на душу населения, и Афганистан, где водообеспеченность менее 500 м³ в год на душу населения, что указывает на крайний дефицит водных ресурсов, и влечёт за собой необеспеченность орошаемыми землями.

Таблица 1. Сток рек и водозабор из рек в странах Центральной Азии

Страна	Внутренний речной сток	Трансграничный приток	Забор воды
	км ³ /год	км ³ /год	км ³ /год
Узбекистан	9.7	42.3	52
Всего по региону	232.6		152
Афганистан	55		17
Казахстан	55.9	44.7	43
Кыргызстан	46.5	2.1	7.4
Таджикистан	64		9.5
Туркменистан	1.53	20.47	23.4

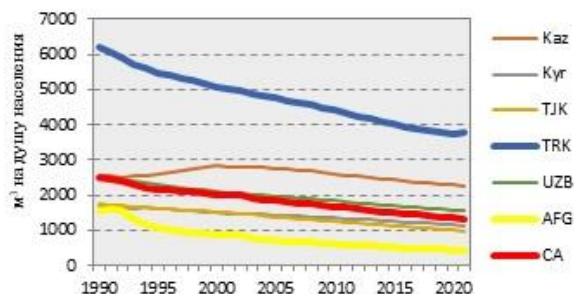


Рис. 3. Водообеспеченность в странах Центральной Азии

Если учесть, что в Афганистане остро стоят вопросы обеспечения населения продовольствием и электроэнергией, в скором будущем можно ожидать стремление увеличить площади орошаемых земель путём водозабора из трансграничных рек. Отсюда вопросы воды, энергии и продовольствия становятся еще более насущными.

Некрус ВЭПЭ важно также рассматривать в границах бассейна Аральского моря (Таблица 2). Сток рек, Амударья и Сырдарья, в среднем 116 км³ в год практически полностью используется странами региона. Нурекское водохранилище в верхнем течении Амударья и Токтогульское в верхнем течении Сырдарья используются в интересах стран как верхнего, так и нижнего течения. Страны верхнего течения вырабатывают электроэнергию за счет попусков из водохранилищ, в то время как страны нижнего течения используют воду для орошения сельскохозяйственных культур. Увеличение потребности в электроэнергии в зимний период, а отсюда желание накопить в водохранилищах как можно больше воды в летне-осенний период, противоречит интересам орошения сельскохозяйственных культур, тогда как сработка водохранилищ необходима в летний период, когда максимальны потребности в воде сельскохозяйственных культур. Все страны региона понимают необходимость согласованных действий. Приоритетное развитие водных ресурсов в целях орошаемого земледелия привело к тому, что страны нижнего течения рек стали рассматривать теплоэнергетику как основу выработки электроэнергии и тем самым, несколько снизили нагрузку на водные ресурсы.

Таблица 2. Поверхностные водные ресурсы бассейна Аральского моря (среднегодовой сток, км³/год) (Cawater.info, 2022)^{*,**}

Страна	Речной бассейн		Всего в бассейне Аральского моря	
	Сырдарья	Амударья	км ³	%
Казахстан	2.516	—	2.516	2.2
Кыргызстан	27.542	1.654	29.196	25.2
Таджикистан	1.005	58.732	59.737	51.5

Туркменистан	—	1.405	1.405	1.2
Узбекистан	5.562	6.791	12.353	10.6
Афганистан и Иран	—	10,814	10.814	9.3
Итого по бассейну Аральского моря	36.625	79.396	116.021	100

*Cawater.info. Водные ресурсы бассейна Аральского моря. <http://cawater.info.net/water.htm>. (Доступ 08.10.22). **

Приведенные данные несколько разнятся от данных МВРЭ Таджикистана.

Общий среднегодовой сток всех рек в бассейн Аральского моря составляет 116 км³. Этот объем включает 79,4 км³ стока Амударьи и 36,6 км³ стока Сырдарьи. Согласно вероятностному распределению стока, 5% (многоводный год) и 95% (засушливый год), для Амударьи годовой сток изменяется от 109,9 до 58,6 км³, а для Сырдарьи соответственно от 51,1 до 23,6 км³.

Здесь также необходимо отметить динамику водообеспеченности по Пакистану, примыкающему к региону и поставляющему зерно в Афганистан. Население Пакистана уже сегодня составляет более 250 млн человек. С ростом численности населения, водобеспеченность с начала 1950-х годов сократилась с более чем 5000 м³ на душу населения до 600 м³ на душу населения к 2022 г, тем самым приблизилась к порогу абсолютного дефицита. В будущем с ростом численности её населения эта страна может стать одним из важных покупателей электроэнергии и продовольствия в центральноазиатских странах.

Фактор 3: Наличие орошаемых земель. В условиях аридного и семи-аридного климата, орошаемые земли (Таблица 4) являются важным источником обеспеченности продовольствием.

Таблица 4. Площади орошаемых земель в странах Центральной Азии

Страна	Орошаемые земли			Население		на душу населения	
	Пригодно*	до 1990	После 1990	до 1990	2019	до 1990	2019
	млн га	млн га	млн га	млн	Млн	га на душу	га на душу
Казахстан		2.253	1.300	16.8	19.1	0.13	0.07
Кыргызстан		1.080	1.200	4.4	6.5	0.25	0.19
Таджикистан		0.715	0.755	5.4	9.6	0.13	0.08
Туркменистан		1.185	1.842	3.8	6.2	0.31	0.30
Узбекистан		4.270	4.280	20.3	33.8	0.21	0.13

Афганистан	6.0*		0.400	10.8	39.6		0.01
Всего		9.503	9.777	61.5	114.8	0.15	0.09

*Данные приведены только для Афганистана, поскольку в других странах все водные ресурсы распределены

На перспективу страны региона планируют дальнейшее увеличение площадей орошаемых земель, хотя с 1990 г. по 2022 г. площади орошаемых земель увеличились незначительно, за исключением Казахстана, где даже произошло их некоторое сокращение. Причиной этому является дефицит располагаемых не распределенных водных ресурсов. В этих условиях, в связи с ростом численности населения площади орошаемых земель на душу населения резко сократились. Так в Узбекистане с 1990 по 2019, орошаемая площадь на душу населения сократилась с 0.21 до 0.13 га, в Таджикистане с 0.13 до 0.08 га, в Кыргызстане с 0.25 до 0.19 га. Площадь орошаемых земель на душу населения не изменилась в Казахстане и Туркменистане. В 2019 г. обеспеченность орошаемыми землями была низкой в Афганистане, где она составила 0.01 га на душу населения против 0.09 га на душу населения в среднем по региону.

Анализ динамики численности населения по странам региона, их водообеспеченности, энергообеспеченности и обеспеченности орошаемыми землями позволяет сделать следующие выводы:

- 1) Беспрецедентный рост численности населения и экстенсивное развитие секторов экономики, энергетики и других отраслей, использующих первичные невозобновляемые ресурсы являются причинами нарушения равновесия в экологической системе.
- 2) Высокие тенденции ускоренного роста численности населения региона указывают на растущую необеспеченность водными и энергетическими ресурсами, и продовольствием на ближайшую перспективу.
- 3) Резкое увеличение численности населения отмечается в южной части региона в Афганистане, и в соседнем Пакистане, необеспеченных в достаточной степени водными, орошаемыми земельными и энергоресурсами.
- 4) Сохранение современных тенденций роста численности населения в южных частях региона может усилить недостаток продовольствия, что приведет к намерению увеличения площади орошаемых земель, несогласованному освоению трансграничных водных и гидроэнергетических ресурсов, что тем самым создаст дополнительную нагрузку на водные ресурсы и экосистему бассейна Аральского моря.
- 5) Это в свою очередь поднимет вопросы распределения водных ресурсов в бассейне Аральского моря на ещё более высокий уровень.

- 6) В совокупности с сокращением земельных ресурсов на душу населения, дефицитом энергоресурсов, взаимосвязи Воды, Энергии, Продовольствия и Экосистем могут создать риски для устойчивого развития региона.
- 7) Наряду с отмеченными факторами, недостаток продовольствия в южной части региона может стать дополнительным фактором социальных рисков, таких как миграция населения с южной части региона в более благоприятные.
- 8) Эти потенциальные возможности и риски необходимо отразить в планировании развития водных, энергетических, и продовольственных ресурсов.
- 9) Эти планы требуют поддержки действиями по наращиванию потенциала. Отсюда необходимость включения курса “Нексус воды, энергии, продовольствия и экосистем” в процесс обучения магистрантов.

Практическое занятие:

Проводится в форме семинара, к которому магистранты должны подготовить реферат, описывающий водное хозяйство, энергетику, обеспеченность продовольственными ресурсами и экосистему стран региона.

Вопросы, по которым оценивается освоение данного лекционного материала:

1. В каких странах региона отмечается наибольший прирост населения и какие изменения могут произойти во взаимосвязи воды, энергии, продовольствия и экосистем?
2. В каких странах региона отмечается наименьший прирост населения и какие изменения могут произойти во взаимосвязи воды, энергии, продовольствия и экосистем?
3. Как определяется водобеспеченность на уровне страны по какому критерию?
4. Почему Туркменистан имея минимальные в регионе ресурсы относится к одним из наиболее водообеспеченных стран?
5. Какая страна региона наименее обеспечена орошаемыми землями ресурсами?
6. Какие ископаемые топливные ресурсы являются основой энергетики в Казахстане, Туркменистане, и Узбекистане, и как это влияет на нексус ВЭПЭ?
7. Какие возобновляемые ресурсы являются основой энергетики в Кыргызстане и Таджикистане на нексус ВЭПЭ?

Литература:

1. Ardelean, M., P. Minnebo and H. Gerbelová (2020), Optimal paths for electricity interconnections between Central Asia and Europe, EUR 30156 EN, Publications

Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-17603-9, doi:10.2760/95740, JRC119698, <https://doi.org/10.2760/95740>.

2. Maas A., Issayeva G., Rüttinger L., Umirbekov A. Agriculture Nexus in Central Asia. 2011. Scenario Report. Adelphi. 41p.
3. Botta E., Griffiths M., Kato T. 2022. Benefits of regional co-operation on the energy-water-land use nexus transformation in Central Asia, *OECD Green Growth Papers*, 2022-01, OECD Publishing, Paris.
4. Saidmamatov O., Rudenko I., Pfister S., Koziel J. Water–Energy–Food Nexus Framework for Promoting Regional Integration in Central Asia. *Water* 2020, 12, 1896; doi:10.3390/w12071896
5. Punkari M., Droogers P., Immerzeel W., Korhonen N., Lutz A., Venäläinen A. 2014. Climate Change and Sustainable Water Management in Central Asia. ADB Central and West Asia working paper series. N 5/2014.
6. Brears R.C. The Green Economy and the Water-Energy-Food Nexus: Best practices for the Danube Region. www.palgrave.com.400p.
7. Karatayev M., Rivotti P., Mourao Z.S., Konadu D.D., Shah N., Clarke M. 2017. The water-energy-food nexus in Kazakhstan: challenges and opportunities. *Energy Procedia*, 125(2017), 63–70.
8. SIC-ICWC. 2017. Water, Food and Energy Security in Central Asia: Background Analysis - Benefits of Cross-Sectoral (Nexus) Solutions.

1.3. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА, ЛЕДНИКИ, ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Содержание

1. Источники парниковых газов
2. Продовольственная безопасность (ПБ)
3. Таяние ледников и ПБ
4. Изменение климата и распространения ледников в Центральной Азии

1. Причины изменения климата

Изменение климата вызвано увеличением выбросов парниковых газов в результате антропогенной деятельности. В настоящее время концентрация CO₂ в атмосфере выше, чем когда-либо в истории человечества (Рис. 1) (<http://climate.nasa.gov/evidence/>).

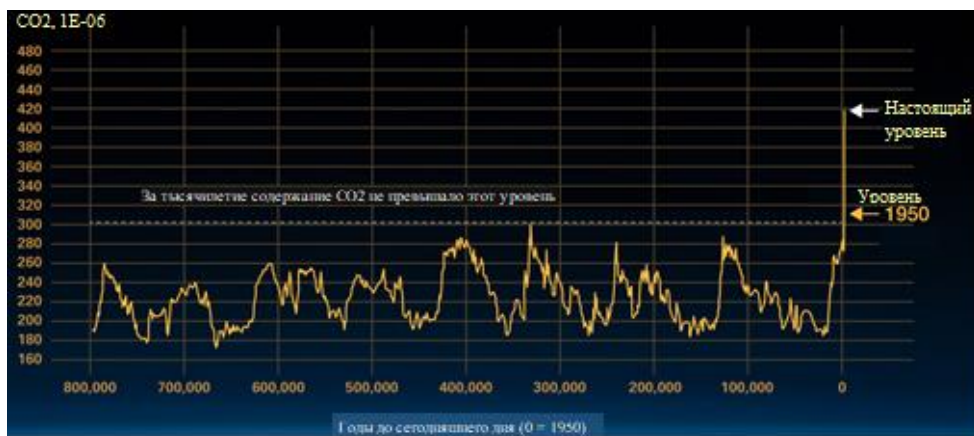


Рис. 1. Динамика концентрации CO₂ в атмосферном воздухе земли.

В мире, на сжигание трех основных видов топлива – угля, природного газа и нефти, вместе взятых – приходится 65% выбросов парниковых газов, остальные 35% на животноводство и отходы, выделяющие CH₄, вырубку лесов и землепользование. Хотя климат Земли менялся на протяжении всей её истории, нынешнее потепление происходит с невиданной скоростью в последние 10 000 лет. По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), “с тех пор, как в 1970-х годах начались систематические научные оценки, влияние деятельности человека на потепление климатической системы превратилось из теории в установленный факт”. Научная информация, полученная из природных источников (таких как ледяные керны, скалы и годовичные кольца деревьев) и с использованием современного оборудования (например, со спутников и приборов), подтверждают изменение климата. От повышения глобальной температуры до таяния ледяных щитов существует множество свидетельств потепления планеты.

Климат Земли менялся на протяжении всей истории. В истории, в последние 800 000 лет имели место восемь циклов ледниковых периодов и более теплых периодов, при этом окончание последнего ледникового периода около 11 700 лет назад ознаменовало начало современной климатической эры и человеческой цивилизации. Большинство этих климатических изменений связано с очень небольшими изменениями орбиты Земли, которые изменяют количество солнечной энергии, получаемой нашей планетой.

Рис. 1, составленный путём сравнения образцов атмосферы, содержащихся в ледяных кернах, и более поздних прямых измерений, свидетельствует о том, что выбросы CO₂ в атмосферу увеличились со времен промышленной революции (Источник: Luthi, D., et al.. 2008; Etheridge, D.M., et al. 2010; Vostok ice core data/J.R. Petit et al.; NOAA Mauna Loa CO₂ records). Нынешняя тенденция потепления отличается тем, что она с середины 1800-х годов явно является результатом деятельности человека и продолжается со скоростью, невиданной на протяжении многих последних тысячелетий. Эта дополнительная энергия нагревает атмосферу

земли, океан и сушу, и приводит к широкомасштабным и быстрым изменениям в атмосфере, океане, криосфере и биосфере. Спутники на околоземной орбите и новые технологии помогают ученым увидеть общую картину, собрать много разной информации о планете и её климате во всем мире. Данные, собранные за многие годы, помогают раскрыть закономерности изменения климата.

2. Источники парниковых газов

Парниковые газы. Причиной повышения температуры воздуха является накопление в атмосферном воздухе газов, обладающих парниковым эффектом, к ним относятся:

- Пары воды (H_2O)
- Углекислый газ (CO_2)
- Метан (CH_4)
- Оксид азота (N_2O)
- Озон (O_3)
- Хлорфторуглероды (**CFCs**)
- Гидрофторуглероды (**HCFCs** и **HFCs**)

Концентрация этих газов в атмосфере особенно увеличивалась в индустриальную эпоху. Так, концентрация углекислого газа (CO_2) в атмосфере увеличивается из-за использования ископаемого топлива на транспорте, в теплоэнергетике, при сжигании мусора и растительных остатков, в системах отопления и охлаждения зданий, а также в производстве цемента и других товаров. Этому способствует также вырубка лесов и разложение растительных остатков. Концентрация метана (CH_4) повышается в атмосфере в результате сельскохозяйственной деятельности, потерь природного газа при транспортировке, свалок мусора, и за счет естественных процессов, например на заболоченных территориях. Эмиссия закиси азота (N_2O) происходит при использовании удобрений, сжигании ископаемого топлива, а также естественных процессов, происходящих в почвах и океанах. К основным галоидоуглеводородам относятся хлорфторуглероды (например, CFC-11 и CFC-12). Увеличение в предыдущие годы концентрации газообразных галоидоуглеродов в атмосфере было связано с широким их использованием в качестве хладагентов и в других промышленных процессах. Накопление галоидоуглеводородов также способствует формированию озоновой дыры над Антарктидой. Принятие международных соглашений по защите озонового слоя и мероприятия по реализации положений этих соглашений способствует уменьшению концентрации хлорфторуглеродных газов в атмосфере. Озон (O_3), один из парниковых газов, формируется при химических реакциях, в которых участвуют монооксид углерода, углеводороды и оксиды азота, накапливающиеся в тропосфере в результате деятельности человека.

Водяной пар (H_2O) в атмосфере в основном имеет естественное происхождение. Деятельность человека повышает концентрацию водяного пара— в результате изменения климата и через выбросы метана, который разрушаясь в стратосфере образует небольшое количество водяного пара. Аэрозоли, мелкие частицы присутствующие в атмосфере, содержат как природные соединения, так и те, которые выбрасываются в результате деятельности человека. К природным аэрозолям относятся минеральная пыль, выбрасываемая с поверхности земли, аэрозоли морской соли, биогенные выбросы с суши и океанов, а также сульфатно-пылевые аэрозоли, образующиеся при извержениях вулканов. Сжигание ископаемого топлива и биомассы увеличивает количество аэрозолей, содержащих соединения серы, органические соединения и черный углерод (сажу). Добыча полезных ископаемых открытым способом и промышленные процессы, приводят к увеличению запыленности атмосферы.

Парниковые газы задерживают тепло и тем самым делают планету теплее. В последние 150 лет, деятельность человека стала причиной почти всего увеличения выбросов парниковых газов в атмосферу. Сжигание ископаемого топлива для производства электроэнергии, тепла и транспорта являются основными источниками выбросов парниковых газов. Так в электроэнергетике среди выбросов парниковых газов преобладает углекислый газ, но также имеют место выбросы небольшого количества метана и закиси азота. Для упрощения анализа влияния парниковых газов все они переводятся в CO_2 — CO_2 условное— с помощью переводных коэффициентов, приведенных в Таблице 1.

Таблица 1. Переводные коэффициенты к условным CO_2

Газы	Потенциал вклада в глобальное потепление
Углекислый газ CO_2	1
Метан CH_4	25
Окись азота N_2O	298
Гидрофторуглерод $HFCs$	124-14800
Перфторуглерод $PFCs$	7390-12200
Гексофторид серы SF_6	22800
Трифторид азота $(NF_3)^3$	17200

Так переводной коэффициент для метана равный 25, означает, что потенциал вклада в глобальное потепление метана, при равных концентрациях в атмосферном воздухе, в 25 раз выше, чем для углекислого газа.

Выбросы парниковых газов в сельском хозяйстве. Сельскохозяйственная

деятельность, растениеводство и животноводство, способствуют выбросам парниковых газов различными способами:

- На управление сельскохозяйственными угодьями приходится чуть более половины выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве, в целом. Наиболее вредными являются выбросы N_2O при использовании синтетических и органических удобрений, осушении гидроморфных почв, выращивании азотфиксирующих культур и орошении.
- Крупный рогатый скот, при содержании которого имеют место выбросы метана, на который приходится более четверти выбросов сельского хозяйства.
- Способ обращения с навозом домашнего скота также способствует выбросам CH_4 и N_2O . Различные методы обработки и хранения навоза влияют на количество производимых парниковых газов по-разному.
- Выбросы CO_2 также имеют место при известковании и внесении мочевины.
- Выбросы CH_4 и N_2O формируются при выращивании риса и сжигании растительных остатков.

Выбросы парниковых газов при землепользовании и в лесном хозяйстве. Растения поглощают углекислый газ (CO_2) из атмосферы по мере своего роста и хранят часть этого углерода в виде надземной и подземной биомассы на протяжении всей своей жизни. Почва и мертвое органическое вещество/подстилка могут хранить часть углерода в зависимости от климатических хозяйств и обработки почвы. Накопление углерода в растениях, мертвом органическом веществе/подстилке и почве называется биологической секвестрацией углерода. Поскольку биологическое секвестрирование поглощает CO_2 из атмосферы и хранит его, его также называют «поглотителем» углерода.

Выбросы или секвестрация CO_2 , а также выбросы CH_4 и N_2O могут происходить при как при текущем землепользовании, так и их переводе в другие виды землепользования. Обмен углекислого газа происходит между атмосферой, растениями, и почвой, например, когда пахотные земли превращаются в пастбища, когда земли возделываются для сельскохозяйственных культур или в лесах. Кроме того, использование биологического сырья (например, энергоёмких культур или древесины) для таких целей, как производство электроэнергии или тепла, в качестве сырья для процессов, создающих жидкое топливо, или в качестве строительных материалов, может привести к выбросам или поглощению углекислого газа. Таким образом, землепользование или лесное хозяйство могут быть источником выбросов парниковых газов или поглотителем. Лесное хозяйство также может быть источником парниковых газов, например, в странах с интенсивной вырубкой лесов.

Пути сокращения эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве. В приведенной ниже Таблице 2 приведены примеры путей сокращения выбросов в сельском хозяйстве [Источник: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.EPA.org>].

Таблица 2. Примеры путей сокращения парниковых газов в сельском хозяйстве

Тип	Пути сокращения эмиссий	Примеры
Управление земельными и растительными ресурсами	Корректировка методов возделывания культур и управления землями	Внесение оптимальных доз азотных удобрений Отвод воды из заболоченных рисовых полей с целью сокращения выбросов метана
Управление животноводством	Корректировка практики кормления и других методов управления с целью уменьшения количества выбросов метана	Улучшение качества пастбищ для повышения продуктивности животных может сократить количество выбросов метана на единицу животноводческой продукции. Улучшение методов разведения
Управление навозом	Контроль процесса разложения навоза для снижения выбросов закиси азота и метана. Улавливание метана при разложении навоза для производства возобновляемой энергии	Хранение навоза в виде твердого вещества или размещение его на пастбище, а не хранение в жидкой системе, такой как отстойник, сократит выбросы метана, но может увеличить выбросы закиси азота. Хранение навоза в анаэробных лагунах для увеличения производства метана, а затем улавливание метана для использования в качестве заменителя ископаемого топлива.

Сокращение выбросов и увеличение поглотителей в результате землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. В

Таблице 3 представлены примеры сокращения выбросов в указанных секторах. [Источник: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change].

Таблица 3. Примеры возможных сокращений выбросов парниковых газов при землепользовании и лесном хозяйстве

Тип	Как эмиссия может быть сокращена или усилено накопление	Примеры
Изменения в землепользовании	Увеличение запасов углерода в почве за счет иных методов использования земель или предупреждения их деградации	<ul style="list-style-type: none"> • Облесение и сокращение вырубки лесов
Изменение практики управления землями	Улучшение практики управления при существующем землепользовании	<ul style="list-style-type: none"> • Посадка древесных насаждений для минимизации потерь почвенного углерода. • Использование минимальной обработки почвы на пропашных землях и усовершенствованных методов управления выпасом скота на пастбищах

Эмиссия парниковых газов в электроэнергетике по видам топлива. При сжигании угля формируется больше выбросов парниковых газов чем при использовании газа или нефти для выработки электроэнергии. Выбросы парниковых газов отсутствуют при использовании ветровой или солнечной энергии. Существуют различные пути для сокращения выбросов парниковых газов при производстве, передаче и распределении электроэнергии (Таблица 4). [Источник: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change].

Таблица 4. Примеры возможностей по сокращению выбросов парниковых газов в электроэнергетике

Тип	Как снизить выбросы	Примеры
Повышение эффективности электростанций, работающих на ископаемом топливе	Повышение эффективности существующих электростанций за счет использования передовых технологий, замены менее углеродоёмких видов топлива и перевода производства с электростанций с более высоким уровнем выбросов на электростанции с низким уровнем выбросов	<ul style="list-style-type: none"> • Перевод угольного котла на использование природного газа
Возобновляемая энергия	Использование возобновляемых источников энергии вместо ископаемого топлива для производства электроэнергии	<ul style="list-style-type: none"> • Увеличение доли общего объема электроэнергии, вырабатываемой ветровыми, солнечными, гидро- и геотермальными источниками, а также некоторыми источниками биотоплива за счет добавления новых мощностей по производству возобновляемой энергии
Повышение энерго-эффективности конечного использования энергии	Сокращение потребления электроэнергии и пикового спроса за счет повышения энерго-эффективности и энергосбережения в домах, на предприятиях и в промышленности.	<ul style="list-style-type: none"> • Использование энергоэффективного освещения и приборов в домах и помещениях позволяет существенно сократить выбросы парниковых газов, сократить энергопотребление, затраты на электричество и сберечь невозобновляемые горючие полезные ископаемые
Улавливание и секвестрация углерода	Улавливание CO ₂ в качестве побочного продукта сжигания ископаемого топлива до того, как он попадет в атмосферу, транспортировка CO ₂ , закачка CO ₂ глубоко под землю в тщательно выбранную и подходящую подземные геологические формирования, где он может надежно храниться.	<ul style="list-style-type: none"> • Улавливание CO₂ из дымовых труб угольной электростанции, а затем транспортировка CO₂ по трубопроводу, закачка CO₂ глубоко под землю на тщательно выбранное и подходящее близлежащее заброшенное нефтяное месторождение, где он может надежно храниться

Сектор электроэнергетики занимается производством, передачей и распределением электроэнергии. Углекислый газ, формирующий подавляющее большинство выбросов парниковых газов, и в меньшей степени метан и закись азота выделяются при сжигании ископаемого топлива, такого как уголь, нефть и природный газ.

Показатели потепления климатической системы (IPCC, 2014). Ледяные керны, взятые из Гренландии, Антарктиды и тропических горных ледников, показывают, что климат Земли реагирует на изменения уровня парниковых газов. Древние свидетельства также можно найти в годичных кольцах деревьев, океанских отложениях, коралловых рифах и слоях осадочных пород. Это древнее, или палеоклиматическое, свидетельство показывает, что нынешнее потепление происходит примерно в 10 раз быстрее, чем средняя скорость потепления после ледникового периода. Углекислый газ в результате деятельности человека увеличивается примерно в 250 раз быстрее, чем из природных источников после последнего ледникового периода.

Повышение температуры воздуха. Средняя температура поверхности планеты повысилась с конца 19 века примерно на 1°C, и это изменение в значительной степени вызвано увеличением выбросов углекислого газа в атмосферу и другой деятельностью человека. Наибольшее потепление приходится на последние 40 лет, причем семь последних лет были самыми теплыми; 2016 и 2020 годы стали самыми теплыми за всю историю наблюдений.

Повышение температуры океана. Океан поглощает большую часть повышенного тепла, при этом верхние 100 метров океана показали потепление более чем на 0.33°C с 1969 года. Земля хранит 90% дополнительной энергии в океане.

Сокращение щитов ледников. Ледяные щиты Гренландии и Антарктиды уменьшились в массе. Данные эксперимента NASA по восстановлению гравитации и климата показывают, что Гренландия теряет в среднем 279 миллиардов тонн льда в год в период с 1993 по 2019 год, в то время как Антарктида теряла около 148 миллиардов тонн льда в год.

Отступление ледников. Ледники отступают практически по всему миру, в том числе в Альпах, Гималаях, Андах, Скалистых горах, на Аляске и в Африке. Снежный покров уменьшается. Спутниковые наблюдения показывают, что количество весеннего снежного покрова в Северном полушарии уменьшилось за последние пять десятилетий, и снег тает раньше. Уровень моря повышается. Глобальный уровень моря поднялся в прошлом веке примерно на 20 см. Тем не менее, темпы за последние два десятилетия почти вдвое выше, чем в прошлом веке, и с каждым годом немного ускоряются. Арктический морской лед сокращается. За последние несколько десятилетий как площадь, так и толщина

арктического морского льда быстро сократились. Экстремальные явления становятся все более частыми. С 1950 г. в различных странах наблюдается рост рекордно-высоких температур, в то время как количество рекордно-низких температур снижается.

Рост окисления океана. С начала промышленной революции кислотность поверхностных вод океана увеличилась примерно на 30%. Это увеличение связано с тем, что люди выбрасывают в атмосферу больше углекислого газа и, следовательно, больше его поглощается океаном. За последние десятилетия океан поглотил от 20% до 30% всех антропогенных выбросов углекислого газа. Эмиссия парниковых газов на душу населения по странам представлена на Рис. 2.

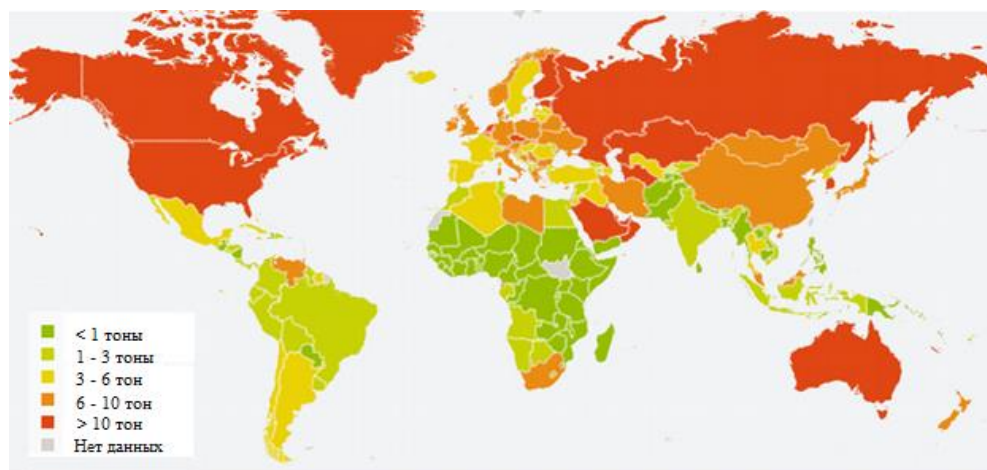


Рис. 2. Эмиссия парниковых газов на душу населения. ЕРА. Источник: Всемирный Банк. 2011. Эмиссия (в метрических тонах) при сжигании горючих ископаемых и производстве цемента в 2011 г. [https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data#:~:text=Carbon%20dioxide%20\(CO2\)%3A,agriculture%2C%20and%20degradation%20of%20soils.](https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data#:~:text=Carbon%20dioxide%20(CO2)%3A,agriculture%2C%20and%20degradation%20of%20soils.)

Выбросы парниковых газов в 2010 г. составили при производстве электроэнергии и тепла 25% и в промышленности 21% глобальных выбросов (Таблица 5). Сжигание угля, природного газа и нефти для производства электроэнергии и тепла является крупнейшим источником выбросов парниковых газов. Выбросы парниковых газов в промышленности в основном связаны со сжиганием ископаемого топлива на объектах для производства энергии. Этот сектор также включает выбросы от химических, металлургических процессов и процессов переработки полезных ископаемых, не связанных с потреблением энергии, и выбросы от деятельности по обращению с отходами. (Примечание: выбросы от промышленного использования электроэнергии включены в сектор производства электроэнергии и тепла).

Таблица 5. Глобальная эмиссия парниковых газов (%) по секторам экономики и по газам. На основе оценки глобальной эмиссии в 2010 г. Источник: IPCC (2014).

Сектора	Глобальная эмиссия по секторам (%)	Парниковые газы	Глобальная эмиссия по газам (%)
Производство электричества и тепла	25%	CO ₂ (ископаемое топливо и промышленные процессы)	65
Сельское хозяйство, леса и другое землепользование	24%	CO ₂ (леса и другое землепользование)	11
Промышленность	21%	CH ₄	16
Транспорт	14%	N ₂ O	6
Здания	10%	F-газы	2
Другая энергия			

Вклад сельского хозяйства, лесного хозяйства и других видов землепользования составлял 24% глобальных выбросов парниковых газов. Выбросы парниковых газов в этом секторе в основном связаны с сельским хозяйством (выращивание сельскохозяйственных культур и животноводство) и вырубкой лесов. Эта оценка не включает CO₂, который экосистемы удаляют из атмосферы путем связывания углерода в биомассе, мертвом органическом веществе и почве, что компенсирует примерно 20% выбросов в этом секторе. Вклад транспорта в 2010 г составлял 14% глобальных выбросов парниковых газов. Выбросы парниковых газов в этом секторе в основном связаны со сжиганием ископаемого топлива для автомобильного, железнодорожного, воздушного и морского транспорта.

Почти вся (95%) транспортная энергия в мире поступает из топлива на основе нефти, в основном бензина и дизельного топлива. Вклад зданий в 2010 г. составлял 6% глобальных выбросов парниковых газов. Выбросы парниковых газов в этом секторе возникают в результате производства энергии на месте и сжигания топлива для обогрева зданий или приготовления пищи в домах. (Примечание: выбросы от использования электроэнергии в зданиях исключены и вместо этого включены в сектор производства электроэнергии и тепла.) Вклад других видов деятельности в энергетике составил 10% глобальных выбросов парниковых газов в 2010 г. Этот источник выбросов парниковых газов относится ко всем выбросам в секторе энергетики, которые не связаны напрямую с производством электроэнергии или тепла, например, при добыче топлива, переработке, переработке и транспортировке.

Тренды глобальной эмиссии. Тренды глобальной эмиссии приведены на Рис. 3.

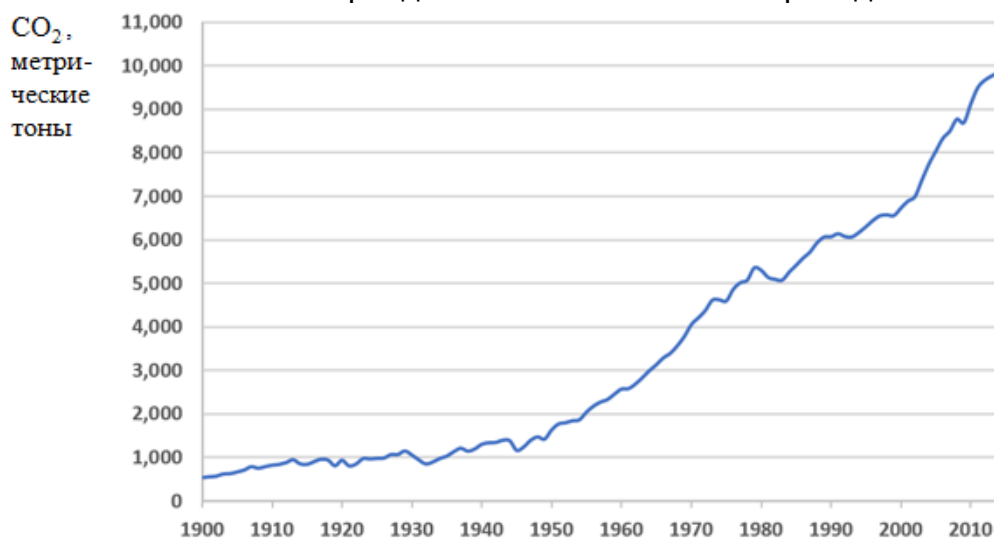


Рис. 3. Глобальная эмиссия углекислого газа от сжигания горючих ископаемых, 1900–2014

Источник: Boden, T.A., Marland, G., and Andres, R.J. (2017). Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi. 10.3334/CDIAC/00001_V2017.

Глобальные выбросы углерода от ископаемого топлива значительно увеличились с 1900 года (Рис. 3). С 1970 года выбросы CO₂ увеличились примерно на 90%, при этом выбросы от сжигания ископаемого топлива и промышленных процессов составляют около 78% от общего увеличения выбросов парниковых газов с 1970 по 2011 год. Сельское хозяйство, вырубка лесов и другие изменения в землепользовании были вторыми по величине причинами. Отмечается увеличение выбросов и других парниковых газов, отличных от CO₂.

Долгосрочные прогнозы изменения климата на конец 21 века и далее, когда изменение климата будет зависеть от сценария и в большинстве случаев превысит внутреннюю изменчивость климатической системы приведены по оценкам IPCC (2014). Изменения представлены по отношению к базовому периоду 1986–2005 гг. Сценарии неопределенности взаимного сравнения совмещенных моделей (CMIP5) используют беспрецедентный уровень информации, на котором основываются прогнозы. Четыре сценария RCP, использованные в CMIP5, приводят к общему радиационному воздействию (RF) в период до 2100 года:

RCP8.5 – самый неблагоприятный сценарий, для которого радиационное воздействие достигает > 8,5 Вт м² к 2100 году и продолжает расти в течение некоторого промежутка времени даже после 2250 г.

- RCP6,0 и RCP4,5 – два промежуточных сценария, в которых радиационное воздействие стабилизируется на уровнях приблизительно 6 Вт м⁻² и 4,5 Вт м⁻² после 2100 г.;
- RCP2.6 – единственный сценарий, для которого радиационное воздействие достигает пика в примерно 3 Вт м⁻² до 2100 г., а затем снижается.

Величина будущего аэрозольного воздействия уменьшается быстрее в сценариях RCP, достигая низких значений. Углекислый газ (CO₂) составляет от 80 до 90% общего антропогенного воздействия во всех сценариях RCP в 21 веке.

Средние суммарные эффективные RF на уровень 2100 года для прогнозов на моделях CMIP5, основанных на концентрации, прогнозируются на уровне 2.2, 3.8, 4.8 и 7.6 Вт м⁻² для RSP2,6, RSP4.5, RSP6.0 и RSP8,5 соответственно по сравнению с примерно 1850 годом. Новые эксперименты и исследования по-прежнему направлены на более полную и точную характеристику неопределенностей в долгосрочных прогнозах, но величина неопределенностей существенно не изменилась со времени AR4. Существует общая согласованность между прогнозами, основанными на CMIP3 и CMIP5, как в отношении крупномасштабных моделей, так и в отношении масштабов изменений. Различия в прогнозах глобальной температуры в значительной степени объясняются изменением сценариев. Согласованность моделей и достоверность прогнозов зависят от переменной, пространственного и временного усреднения. Хорошо зарекомендовавшая себя стабильность крупномасштабных географических изменений во время переходного эксперимента остаётся в силе в моделях CMIP5, что оправдывает принятое масштабирование для аппроксимации изменений во времени и сценариев в рамках таких экспериментов. Ограничения остаются, когда масштабирование модели применяется к сценариям сильного смягчения последствий, к сценариям, в которых локальное воздействие (например, аэрозоли) является значительным и варьирует во времени и для переменных, отличных от средней температуры и осадков. Прогнозы изменения температуры показывают, что средняя глобальная температура будет продолжать расти в 21 веке, если выбросы парниковых газов (ПГ) не уменьшатся. При допущениях моделей RSP, определяемых концентрацией, глобальные средние приземные температуры за 2081–2100 гг. по сравнению с 1986–2005 гг., вероятно, будут находиться в диапазоне от 5 до 95 % моделей CMIP5; от 0.3°C до 1.7°C (RSP2,6), от 1.1°C до 2.6°C (RSP4.5), от 1.4°C до 3.1°C (RSP6.0), от 2.6°C до 4.8°C (RSP8,5). Прогнозируется, что средние глобальные температуры за период 2081–2100 гг. превысят 1.5°C выше 1850–1900 гг. для RSP4.5, RSP6.0 и RSP8,5 (высокая степень достоверности), вероятно, превысят 2°C выше 1850–1900 гг. RSP6.0 и RSP8,5 (высокая достоверность) и, скорее всего, превысят 2°C для RSP4.5 (средняя достоверность).

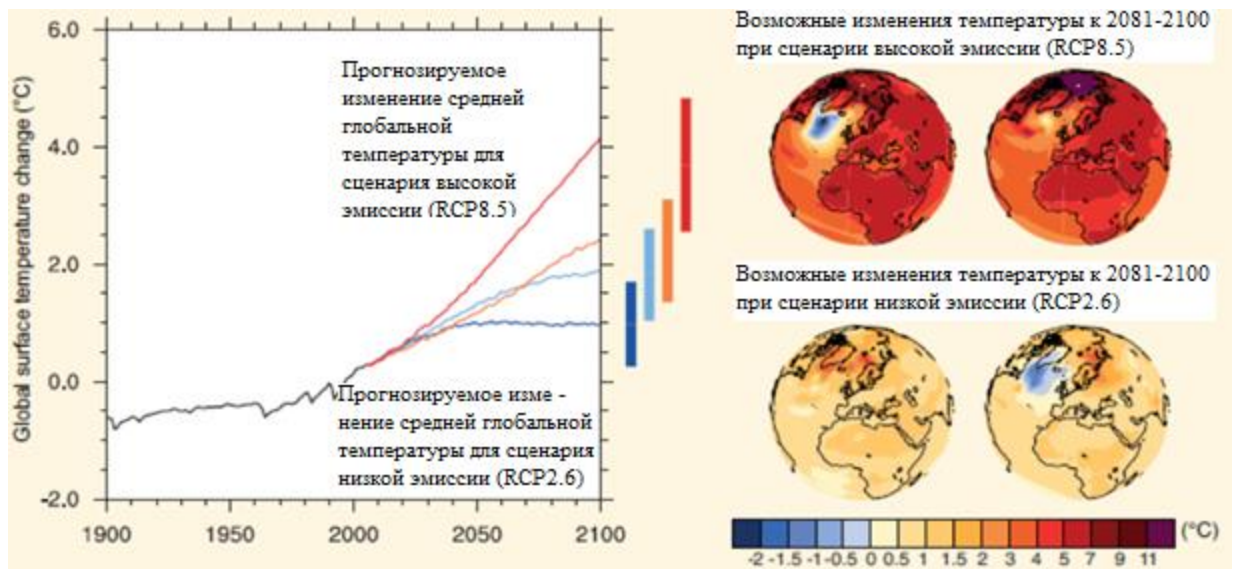


Рис. 4. Изменение средней глобальной температуры относительно 1986–2005 гг. (модели CMIP5) для четырех сценариев репрезентативной траектории концентрации (RCP): RCP2,6 (темно-синий), RCP4,5 (светло-синий), RCP6,0 (оранжевый) и RCP8,5 (красный). Для этих 4 сценариев использовались соответственно 32, 42, 25 и 39 моделей. Вероятные диапазоны изменения глобальной температуры к концу 21 века обозначены вертикальными полосами. Диапазоны изменений относятся к разнице между двумя 20-летними средними, 2081–2100 гг., по сравнению с 1986–2005 гг., что объясняет центрирование столбцов на меньшем значении, чем конечная точка годовых траекторий. Для самого высокого (RSP8,5) и самого низкого (RSP2,6) сценария показаны иллюстративные карты изменения приземной температуры в конце XXI века (2081–2100 гг. по сравнению с 1986–2005 гг.) для двух моделей CMIP5. Источник: IPCC (2014).

Изменение температуры выше 2°C при RSP2,6 маловероятно (средняя степень достоверности). Потепление выше 4°C к 2081–2100 гг. маловероятно во всех RSP (высокая степень достоверности), за исключением RSP8,5, где оно почти столь же вероятно, как и нет (средняя достоверность). Изменение температуры не будет регионально однородным. Существует очень высокая степень достоверность того, что глобально усредненные изменения над сушей превысят изменения над океаном в конце 21-го века с коэффициентом, который, вероятно, находится в диапазоне от 1.4 до 1.7. При отсутствии сильного уменьшения атлантического меридионального переворота, по прогнозам, больше всего потеплеет арктический регион (очень высокая достоверность). Это полярное усиление не встречается в антарктических регионах из-за глубокого перемешивания океана, поглощения тепла океаном и сохранения антарктического ледяного щита.

Во всех сценариях прогнозируемое региональное повышение приземной температуры воздуха имеет минимумы в Северной Атлантике и Южном океане. Одна модель демонстрирует заметное похолодание в 2081–2100 годах над большей частью Северного полушария (NH), а несколько моделей указывают на небольшое локальное похолодание в Северной Атлантике. Атмосферные зональные средние температуры показывают потепление во всей тропосфере, особенно в верхней тропосфере и северных высоких широтах, и похолодание в

стратосфере.

Прогнозы IPCC (2014) указывают на то, что в большинстве мест будет больше экстремально высоких и меньше холодных температур по мере повышения средней глобальной температуры. Эти изменения ожидаются для событий, определяемых как экстремальные как в суточном, так и в сезонном масштабах времени. Ожидается увеличение частоты, продолжительности и величины экстремально высоких температур наряду с тепловым стрессом; однако случайные экстремально холодные зимы будут продолжаться. Прогнозируется, что значения повторяемости явлений низких температур за 20 лет будут увеличиваться более высокими темпами, чем средние зимние температуры в большинстве регионов, при этом наибольшие изменения значений повторяемости низких температур будут происходить в высоких широтах. Прогнозируется, что значения повторяемости явлений высокой температуры за 20 лет будут увеличиваться со скоростью, аналогичной или превышающей скорость повышения средних летних температур в большинстве регионов.

В соответствии с RSP8,5 вполне вероятно, что в большинстве регионов суши текущие 20-летние явления высокой температуры будут происходить чаще к концу 21-го столетия, а нынешнее 20-летнее низкотемпературное явление станет чрезвычайно редким. Прогноз изменения атмосферной циркуляции показывает, что среднее давление на уровне моря уменьшится в высоких широтах и повысится в средних широтах по мере повышения глобальной температуры. Смещения среднеширотных струй к полюсу примерно на 1–2 градуса широты вероятны в конце 21 века при RCP8,5 в обоих полушариях (средняя достоверность) с более слабыми смещениями в северном полушарии. Дополнительное влияние восстановления стратосферного озона в Южном полушарии препятствует изменениям, вызванным там парниковыми газами, хотя результирующая реакция сильно варьирует в зависимости от моделей и сценариев. Сохраняется значительная неопределенность и, следовательно, низкая достоверность прогнозов изменений траекторий штормов в северном полушарии, особенно для Североатлантического бассейна. Изменения в круговороте воды практически, несомненно, в долгосрочной перспективе глобальные осадки увеличатся с повышением глобальной средней приземной температуры.

Среднее глобальное количество осадков будет увеличиваться со скоростью на градус Цельсия меньше, чем скорость водяного пара в атмосфере. Вероятно, она возрастет на 1–3 % °C⁻¹ для сценариев, отличных от RCP2,6. Для RCP2,6 диапазон чувствительности моделей CMIP5 составляет от 0.5 до 4% °C⁻¹ в конце 21 века. Изменения среднего количества осадков в более теплом мире будут иметь существенные пространственные вариации. В одних регионах будет наблюдаться рост, в других – спад, а в третьих, вообще не произойдет существенных изменений (Рис. 5). Существует высокая степень достоверности того, что контраст

среднегодовых осадков между засушливыми и влажными регионами и контраст между влажным и засушливым сезонами будут увеличиваться на большей части земного шара по мере повышения температуры. Общая картина изменений указывает на то, что на массивы суши в высоких широтах, вероятно, будет выпадать большее количество осадков из-за увеличения удельной влажности более теплой тропосферы, а также увеличения переноса водяного пара из тропиков к концу этого века в соответствии с сценарием RSP8,5. Согласно сценарию RSP8,5, во многих засушливых и полузасушливых регионах средних широт и субтропических регионов количество осадков, вероятно, будет меньше, а во многих влажных регионах средних широт количество осадков, вероятно, увеличится к концу этого столетия. В глобальном масштабе в случае кратковременных осадков по мере повышения температуры вероятен переход к более интенсивным отдельным штормам и меньшему количеству слабых штормов.

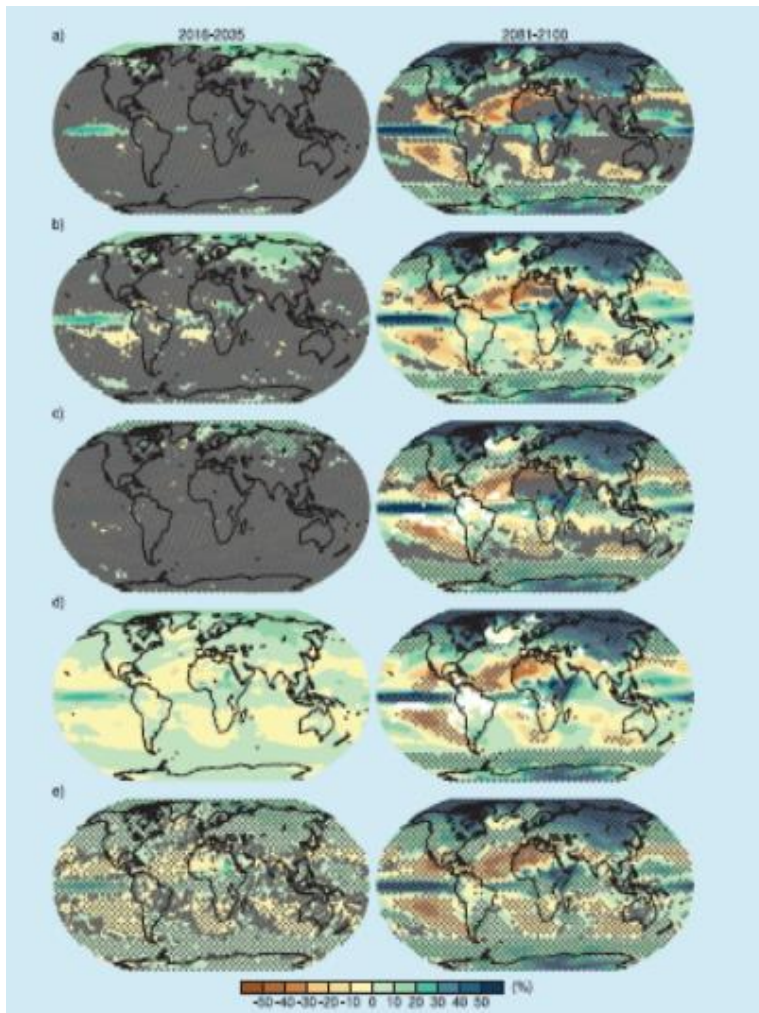


Рис. 5. Прогнозируемое изменение количества осадков с декабря по февраль на 2016–2035 и 2081–2100 годы по сравнению с 1986–2005 годами по моделям CMIP5. Выбор переменной и временных рамок для иллюстрации того, как различные методы сравниваются в случаях с низким и высоким

отношением сигнал/шум. Цвета карт идентичны для каждого столбца, и различаются только пунктир и штриховка в зависимости от разных методов. Показаны различные методы штриховки, определяемые (а) путем соотнесения среднего значения модели с внутренней изменчивостью, (б) как в (а), но штриховка здесь указывает на высокую согласованность для «небольших изменений», (в) по показателю устойчивости Кнутти. и Sedláček (2013), (d) методом, предложенным Tebaldi et al. (2011) и (д) по методу Power et al. (2012). Во всех панелях используется 39 моделей.

Над большей частью суши в средних широтах и над влажными тропическими регионами экстремальные осадки, скорее всего, будут более интенсивными и более частыми в более теплом мире. Глобальная средняя чувствительность 20-летней повторяемости годового максимального суточного увеличения количества осадков колеблется от 4 % °C⁻¹ локального повышения температуры (среднее значение моделей CMIP3) до 5.3 % °C⁻¹ локального повышения температуры (среднее значение модели CMIP5), но в зависимости от региона могут иметь место большие различия.

В глобальном масштабе прогнозируется, что годовое испарение с поверхности будет увеличиваться по мере повышения глобальной температуры над большей частью океана и, по прогнозам, будет меняться над сушей по той же схеме, что и осадки. Уменьшение годового стока вероятно в некоторых частях южной Европы, Ближнего Востока и южной части Африки к концу 21-го века по сценарию RSP8,5. Увеличение годового стока вероятно в высоких северных широтах, что соответствует значительному увеличению зимних и весенних осадков к концу XXI века по сценарию RSP8,5.

Прогнозируемое снижение влажности почвы в масштабах от регионального до глобального и повышенный риск сельскохозяйственной засухи вероятны в нынешних засушливых регионах и прогнозируются со средней степенью достоверности к концу 21-го века по сценарию RSP8,5. Заметные районы прогнозируемого уменьшения испарения включают южную часть Африки и северо-западную часть Африки вдоль Средиземного моря. Высыхание почвенной влаги в регионах Средиземноморья, юго-запада США и юга Африки указывает на повышение приземной температуры, поэтому высыхание поверхности в этих регионах по мере повышения глобальной температуры с высокой степенью достоверности вероятно к концу этого столетия в соответствии с сценарием RSP8,5. В регионах, где прогнозируется поверхностное увлажнение, изменения, как правило, меньше, чем естественная изменчивость в 20-летнем временном масштабе. Изменения в криосфере весьма вероятно—арктический морской ледяной покров будет продолжать сокращаться в течение 21-го века по мере повышения глобальной средней температуры поверхности. В то же время в Антарктике ожидается уменьшение протяженности и объема морского льда, но с низкой достоверностью (Рис. 6). На основе мультимодельного ансамбля CMIP5 прогнозы среднего сокращения площади арктического морского льда на 2081–2100 гг. по сравнению с 1986–2005 гг. варьируются от 8 % для RSP2,6 до 34 % для

RSP8,5 в феврале и от 43 % для RSP2. от 0,6 до 94% для RCP8,5 в сентябре (средняя достоверность).

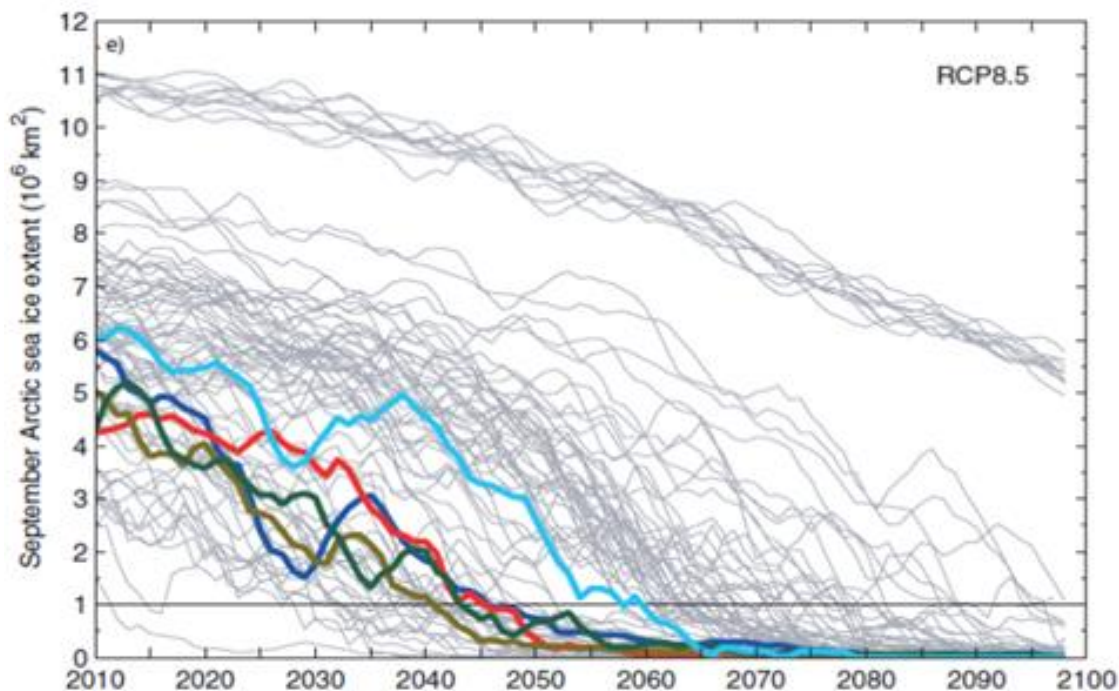


Рис. 6 (a-d). Первый год, в течение которого сентябрьская площадь арктического морского льда падает ниже $1 \times 10^6 \text{ км}^2$ в климатических проекциях CMIP5 (37 моделей, RCP8,5) в зависимости от (a) сентябрьской площади арктического морского льда, усредненной за 1986–1986 гг. 2005 г., (b) среднегодовой объем арктического морского льда, усредненный за 1986–2005 гг., (c) амплитуда среднего сезонного цикла протяженности арктического морского льда за 1986–2005 гг. и (d) тренд сентябрьской протяженности арктического морского льда за 1979–2012 гг. Отображаемые данные диагностики морского льда рассчитаны на сетках исходной модели. Корреляции и односторонние р-значения вычислены из многоэлементных средних для моделей с несколькими элементами ансамбля (цветные крестики), но также изображаются члены ансамбля отдельных моделей (цветные точки). Вертикальные сплошные и пунктирные линии показывают соответствующие наблюдения или данные повторного анализа PIOMAS (панарктическая система моделирования и ассимиляции льда и океана) с поправкой на погрешность (a, c и d: Comiso and Nishio, 2008 г., обновлено в 2012 г.; b: Schweiger et al., 2011) и интервал $\pm 20\%$ вокруг этих данных соответственно. (e) Временные ряды площади морского льда в Арктике в сентябре (скользящее среднее за 5 лет), смоделированные с помощью всех моделей CMIP5 и членов их ансамбля в соответствии с RCP8,5 (тонкие кривые). Толстые цветные кривые соответствуют подмножеству пяти моделей CMIP5, выбранных на основе панелей a–d в соответствии с Massonnet et al. (2012). Каждая из этих моделей предоставляет только один элемент ансамбля для RCP8,5. Источник: IPCC (2014).

Почти свободный ото льда Северный Ледовитый океан (протяженность морского льда менее $1 \times 10^6 \text{ км}^2$ в течение как минимум 5 лет подряд) в сентябре до середины века, вероятно, соответствует сценарию RSP8,5 (средняя степень достоверности), основанный на оценке подмножества моделей, которые наиболее точно воспроизводят среднее климатологическое состояние и тренд арктического морского ледяного покрова за 1979–2012 гг. Некоторые климатические прогнозы показывают периоды резкого летнего таяния арктического морского льда продолжительностью от 5 до 10 лет — даже более резкого, чем наблюдалось в

последнее десятилетие, — и вполне вероятно, что такие случаи быстрого таяния льда будут иметь место в будущем. В моделях глобального климата имеется мало свидетельств переломного момента (или критического порога) при переходе от постоянно покрытого льдом Северного Ледовитого океана к сезонно свободному ото льда Северному Ледовитому океану, за пределами которого дальнейшая потеря морского льда становится неудержимой и необратимой.

В Антарктике мультимодальное среднее значение CMIP5 прогнозирует уменьшение площади морского льда в диапазоне от 16 % для RSP2,6 до 67 % для RSP8,5 в феврале и от 8 % для RSP2,6 до 30 % для RSP8,5 в сентябре за 2081–2100 гг. по сравнению с 1986–2005 гг. Однако достоверность этих значений как проекций низкая из-за большого разброса между моделями и неспособности почти всех доступных моделей воспроизвести средний годовой цикл, межгодовую изменчивость и общее наблюдаемое увеличение площади антарктического морского льда в эпоху спутников. Весьма вероятно, что снежный покров (СП) уменьшится по мере повышения глобальной температуры в предстоящем столетии. Отступление площади вечной мерзлоты с повышением глобальной температуры практически неизбежно. Изменения снежного покрова происходят в результате изменений осадков и абляции, которые иногда противоположны.

Прогнозы площади весеннего снежного покрова к концу 21-го века варьируют от уменьшения на 7% (RSP2,6) до уменьшения на 25% (RSP8,5), при этом оценки достаточно согласуются между моделями (Рис. 7). Прогнозируемые изменения вечной мерзлоты являются реакцией не только на потепление, но и на изменения снежного покрова, который оказывает влияние на подстилающую почву. Прогнозируется, что к концу 21 века диагностированная площадь приповерхностной вечной мерзлоты сократится на 37% (RSP2,6) и 81% (RSP8,5) (средняя степень достоверности) (Рис. 8).

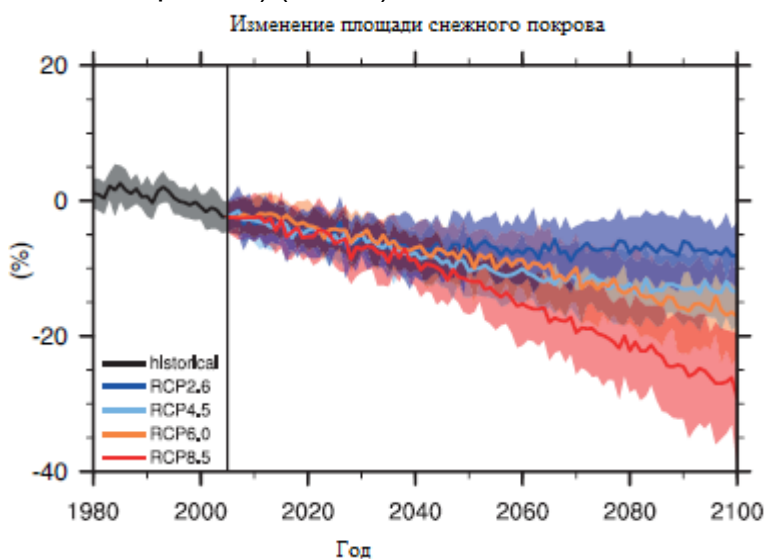


Рис. 7. Изменение площади снежного покрова весной в северном полушарии (в среднем с марта по апрель) (в %) в ансамбле моделей CMIP5 относительно смоделированной площади за базисный

период 1986–2005 г. Жирные линии отмечают среднее значение по нескольким моделям, затенение указывает на разброс между моделями (одно стандартное отклонение). Наблюдаемая средняя площадь снежного покрова с марта по апрель за отчетный период 1986–2005 гг. составляет $32.6 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ (Brown and Robinson, 2011).

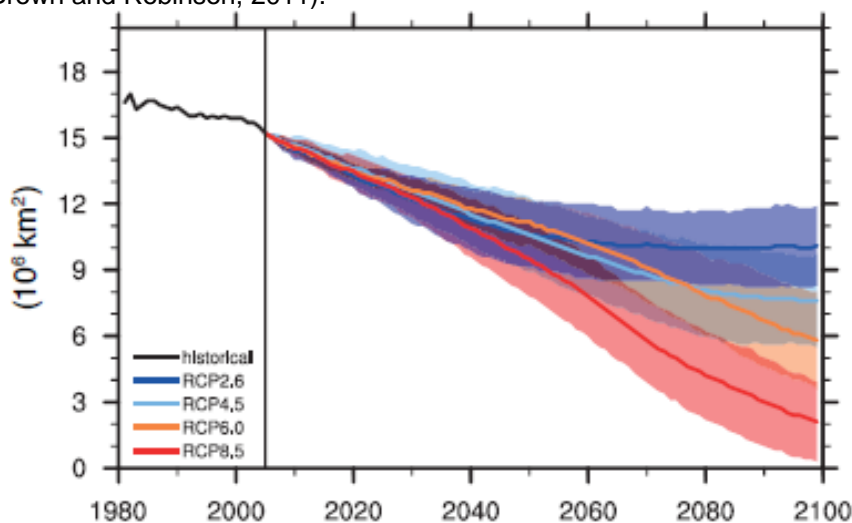


Рис. 8. Приповерхностная область вечной мерзлоты Северного полушария, диагностированная по доступным моделям CMIP5 (Nelson и Outcalt, 1987; Slater и Lawrence, 2013) и с использованием 20-летних средних месячных температур приземного воздуха с поправкой на погрешность и высоты снежного покрова. Жирные линии: мультимодельное среднее. Затенение и тонкие линии указывают на разброс между моделями (одно стандартное отклонение). Черная линия для исторического периода диагностируется на основе среднего повторного анализа глобальной атмосферы и состояния поверхности (ERA) Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды ECMWF), японского повторного анализа (JRA), ретроспективы современной эры, анализа исследований и приложений (MERRA) и повторного анализа системы прогнозирования климата (CFSRR) (Slater and Lawrence, 2013). Оценочная площадь современной вечной мерзлоты составляет от 12 до 17 миллионов км² (Zhang et al., 2000).

Изменение в океане. Глобальный океан будет нагреваться во всех сценариях RSP. Наиболее сильное потепление океана прогнозируется для поверхности в субтропических и тропических районах. На большей глубине, потепление, по прогнозам, будет наиболее заметным в Южном океане. Наилучшие оценки потепления океана на верхних ста метрах составляют примерно от 0,6 °C (RSP2,6) до 2,0 °C (RSP8,5) и примерно от 0,3 °C (RSP2,6) до 0,6 °C (RSP8,5) на глубине около 1 км к концу 21 в. Для RSP4.5 к концу 21 века половина энергии, поглощаемой океаном, будет приходиться на самые верхние 700 м, а 85% - на самые верхние 2000 м. Из-за длительных временных масштабов этой передачи тепла от поверхности к глубине потепление океана будет продолжаться в течение столетий, даже если выбросы ПГ уменьшатся или концентрации останутся постоянными. Наилучшие оценки и диапазоны снижения по сравнению с CMIP5 составляют 11% (от 1 до 24%) в RSP2,6 и 34% (от 12 до 54%) в RSP8,5.

Выводы:

1. Будущее климата земли во многом будет зависеть от того сумеет ли

население земли улучшить использование водно-энергетических и продовольственных ресурсов, сохранить и преумножить экосистемные услуги и тем самым, прийти к нулевому выбросу парниковых газов.

2. Этому может способствовать переход к зеленой экономике, трансформация энергетики на рельсы возобновимых источников энергии, в первую очередь солнечной и ветровой энергии, сочетание технологий ресурсосбережения и секвестрации в сельском хозяйстве, и энергоэффективное и основанное на водосбережении водное хозяйство.

Практическое занятие:

- Проводится в форме семинара, к которому магистранты должны подготовить реферат, описывающий причины изменения климата, источники парниковых газов и как изменение климата отражается на взаимосвязи Вода, энергия, продовольствие и экосистемы.

Вопросы, по которым оценивается освоение данного лекционного материала

1. Какие газы называются парниковыми и почему. Какие из них антропогенного происхождения?
2. Какая деятельность человека является источником накопления в воздухе метана?
3. Что понимается под процессом СЕКВЕСТРАЦИЯ?
4. Как перевести содержание метан-газа в атмосфере в условное CO₂?
5. Какие меры необходимо предпринять для сокращения парниковых газов в сельском хозяйстве?
6. Какие меры необходимы для сокращения парниковых газов в электроэнергетике?
7. Выбросы каких парниковых газов имеют место в водном хозяйстве?
8. Основной индикатор изменения температуры воздуха?
9. К каким негативным процессам приводит изменение климата?
10. Какое влияние изменения климата имеет на водные ресурсы?
11. Какое влияние изменение климата имеет на сельское хозяйство?

Использованная литература

1. <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions#electricity>
2. [IPCC \(2014\). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*](#). Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J.

- Savolainen, S. Schlämer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)].
Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
3. [FAO \(2014\). Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks \(PDF\)](#). (89 pp, 3.5 MB) Climate, Energy and Tenure Division, FAO.
 4. [IPCC \(2014\): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change](#). [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
 5. Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichefet, P. Friedlingstein, X. Gao, W.J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A.J. Weaver and M. Wehner, 2013: Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

1.4. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В РЕГИОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Содержание

1. Источники парниковых газов по странам ЦА
2. Изменение климата в бассейне р. Сырдарьи
3. Изменение климата в бассейне р. Амударьи

1. Источники парниковых газов по странам ЦА

Изменение климата происходит в результате накопления в тропосфере парниковых газов. Эти газы препятствуют рассеянию коротковолновых волн, отражаемых поверхностью земли и потеплению приземных слоёв атмосферы. Основными источниками парниковых газов в странах Центральной Азии являются энергетика, промышленность и сельское хозяйство. Рассмотрим источники парниковых газов применительно к каждой стране региона.

Казахстан. Установленная электрическая мощность электростанций Казахстана составляет примерно 18 ГВт (тепловые электростанции – 87.5%, гидравлические – 12.4%). Казахстан имеет развитую инфраструктуру теплофикации. Установленная электрическая мощность ТЭЦ составляет более 6700 МВт (38% от мощности всех электростанций страны), при этом ими покрывается около 40% теплопотребления и около 46% электропотребления Казахстана. Энергетика Казахстана ориентирована, в основном, на использование углеводородного топлива, поэтому серьезную проблему для Казахстана представляют твердые бытовые отходы (ТБО); так объем ТБО в 2011 году составил около 3 919.3 тыс.т. В целом, ежегодно образуется до 400 млн.тонн промышленных и до 20 млн. кубических метров бытовых отходов, в результате на территории Казахстана уже накоплено более 22 млрд. тонн отходов производства и потребления. Значительную массу отходов составляют токсичные, которые являются источниками загрязнения земель, поверхностных и подземных вод, воздушного бассейна. Основные объемы опасных отходов имеют место в горнодобывающей промышленности и при разработке карьеров – 30334.1 тыс.т., при производстве и распределении электроэнергии, газа и воды – 2567 тыс.т., в строительстве – 165.1 тыс.т., в сельском, лесном и рыбном хозяйстве – 143.9 тыс.т. Сельское хозяйство по уровню воздействия на окружающую среду не относится к отраслям экономики с повышенной экологической опасностью, но характеризуется негативным влиянием деятельности человека на плодородие почв. Отсюда источниками парниковых газов (ПГ) в убывающем порядке являются следующие сектора: энергетическая деятельность; промышленные процессы; сельское хозяйство; землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство (ЗИЗЛХ); отходы. Эмиссия парниковых газов по этим секторам приведена на Рис.1.

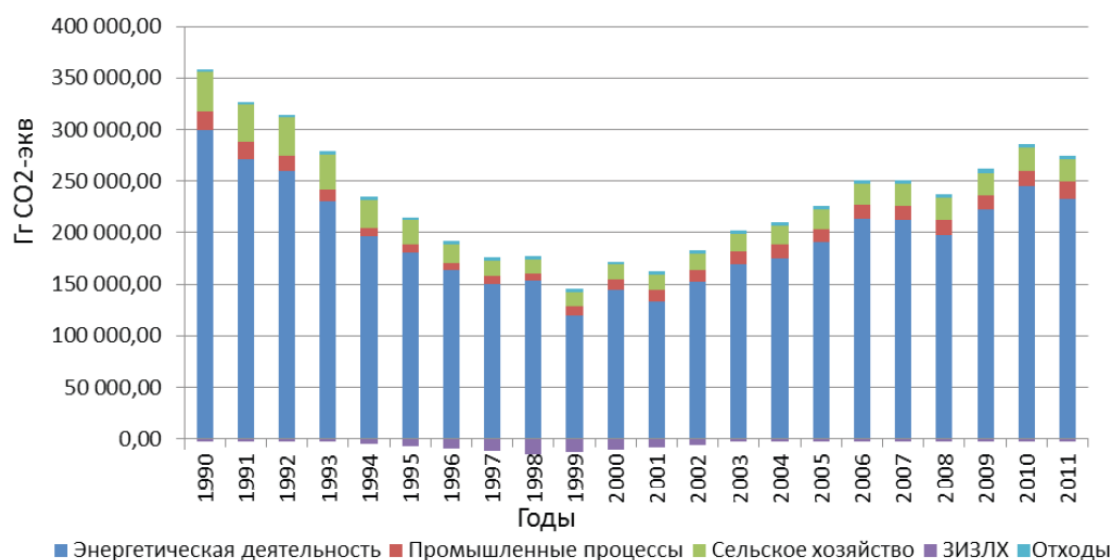


Рис. 1. Эмиссия парниковых газов по отдельным отраслям Казахстана, Гт CO₂-экв.

Кыргызстан. Структура энергетики постоянно претерпевает изменения. Если в 1990 г. тепловые станции вырабатывали 33%, то в 2000 году только 8.4%, и в 2010 году 6.7 % от общей выработки электроэнергии, которая характеризуется высокой долей потерь. Если в 1990–1992 гг. уровень потерь не превышал 13 %, то в 1995–2008 гг. потери составили более 30 %, достигая 41.5 % в 2001 г. и 40.7 % в 2005 г. С 2009 г. намечилось некоторое снижение потерь электроэнергии (<30%), хотя общие объемы таковых превышают потребление электроэнергии социальной сферой или потребление таких секторов экономики, как сельское хозяйство, транспорт и строительство, вместе взятых. Доля промышленности в ВВП с 2005 по 2010 г. выросла с 17.3 до 20.7%; наблюдается некоторое перераспределение объемов производства между отдельными отраслями промышленности. Доля металлургии, в первую очередь за счет продукции золоторудного горно-обогатительного комбината выросла с 38.4 % до 51.1 %. В период с 1990 г. по 2010 г. доля сельского хозяйства в ВВП страны сократилась с 46.2% (1996 г.) до 17.5% (2010 г.) — имеет место устойчивое снижение доли сельского хозяйства в ВВП страны. Источниками парниковых газов в порядке убывания являются следующие сектора: энергетическая деятельность; сельское хозяйство; отходы; промышленные процессы (Рис. 2).

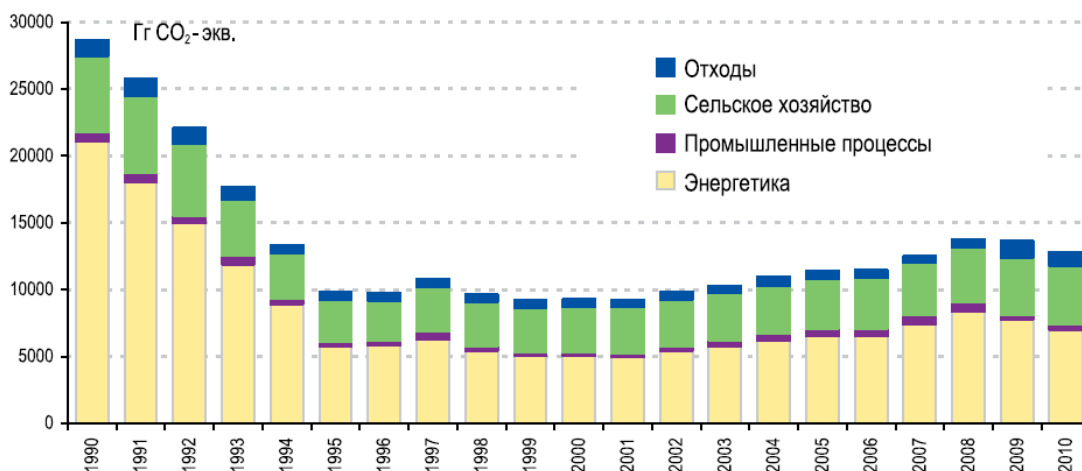


Рис.2. Изменение общих эмиссий парниковых газов на период 1990–2010 гг. по основным секторам Кыргызстана, в Гг СО₂-экв. Для пересчета эмиссий парниковых газов в эквивалент диоксида углерода (СО₂-экв.) использованы потенциалы глобального потепления, приведенные во втором оценочном докладе МГЭИК 1995 г. (диоксид углерода – 1; метан – 21; закись азота – 310, ГФУ-134а – 1300).

Таджикистан. Энергосистема Республики Таджикистан состоит из шести крупных ГЭС, трех ТЭЦ и многочисленных средних, малых и микро-ГЭС. Выработка электрической энергии колеблется в пределах 17–18 млрд кВтч. в год, в среднем

16.5 млрд кВтч. По причине дороговизны и отсутствия мазута, дизельного топлива и природного газа тепловые электрические станции работают частично; фактически в 2013 г., 99.5% электроэнергии было сгенерировано на гидроэлектростанциях. В структуре производства значительную долю занимает химическая и металлургическая промышленность, развито текстильное и швейное производство, пищевая отрасль. Тем не менее, с 2000 по 2010 г. наблюдалось снижение доли промышленности в ВВП с 24% до 12%, соответственно. В сельской местности проживает 70% общей численности населения Таджикистана, но только 500 тыс. заняты в сельском хозяйстве, вклад которого во внутренний валовой продукт (ВВП) составляет более 20%. Сельское хозяйство в основном сконцентрировано на выращивании зерна, хлопка, картофеля, овощей, бахчевых, фруктов, винограда и продукции животноводства. Источниками выбросов парниковых газов в убывающем порядке являются: производство и потребление энергии; сельское хозяйство; промышленность; отходы и сточные воды (Рис. 3).

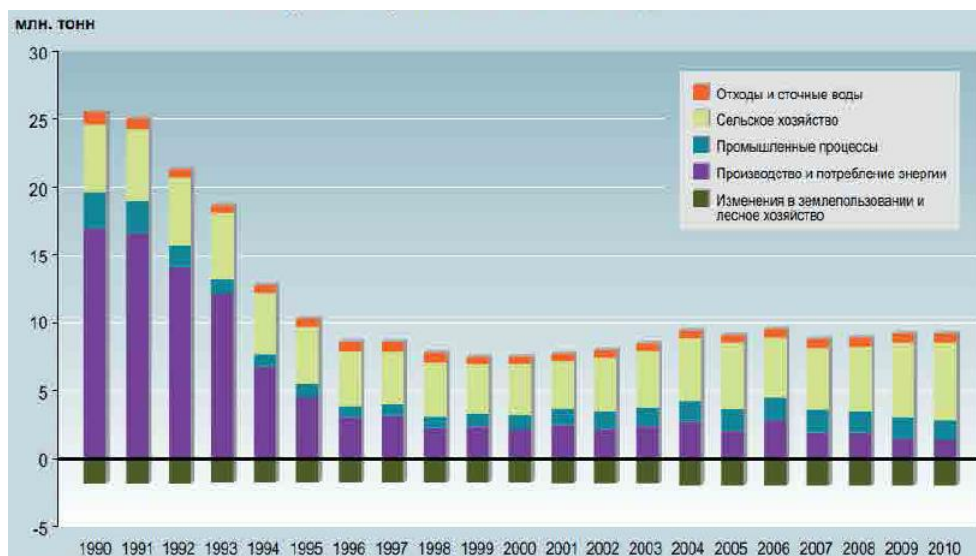


Рис. 3. Эмиссия парниковых газов по секторам отраслей в Таджикистане, млн т. CO₂-экв.

Туркменистан. Характер выбросов парниковых газов в Туркменистане сходен с выбросами в других странах, богатых энергоресурсами, особенно природным газом; около 40% общего объема выбросов парниковых газов приходится на метан. Выбросы, связанные с производством и использованием энергии, составляют 56 млн тонн CO₂-экв. или 85% общего объема выбросов. Энергетика практически полностью базируется на природном газе. Источниками парниковых газов в убывающем порядке являются энергетика, сельское хозяйство, отходы и промышленность (Рис. 4).

Узбекистан. Наибольший вклад в выбросы парниковых газов вносит сектор

энергетика (76.3%), сектор промышленные процессы и использование продуктов 4.5%, сельское хозяйство 17.8%, и отходы 1.4%. В последние годы наблюдается тенденция к

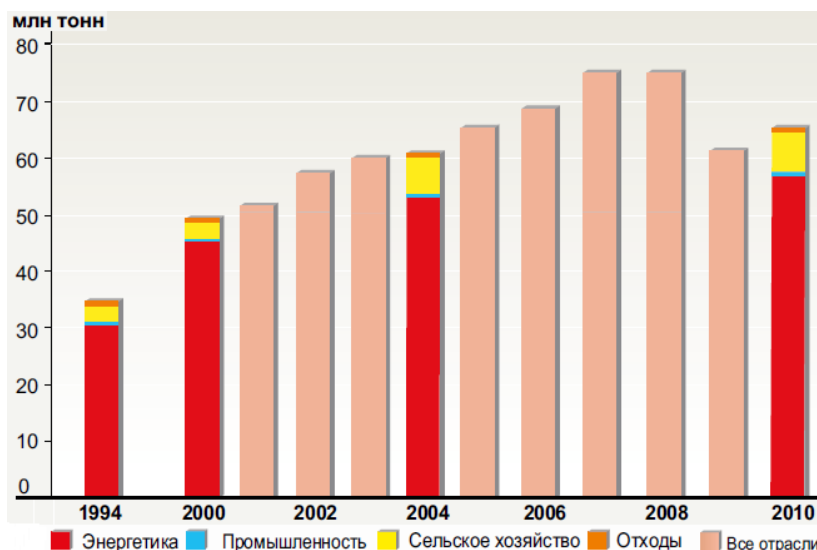


Рис. 4. Динамика выбросов ПГ по секторам Туркменистана, млн т CO₂-экв.

значительному снижению выбросов парниковых газов, что связано с планомерной ликвидацией утечек природного газа в нефтегазовой отрасли, а также повышением энергоэффективности во всех отраслях промышленности. Так с 1990 г. эмиссия в секторе энергетики сократилась с 85.4% до 76.3%, а доля сектора сельское хозяйство увеличилась с 8.5% до 17.8%, что связано с ростом поголовья скота и использованием азотных удобрений. Источниками парниковых газов в убывающем порядке являются энергетика, сельское хозяйство, промышленность и отходы (Рис. 5).

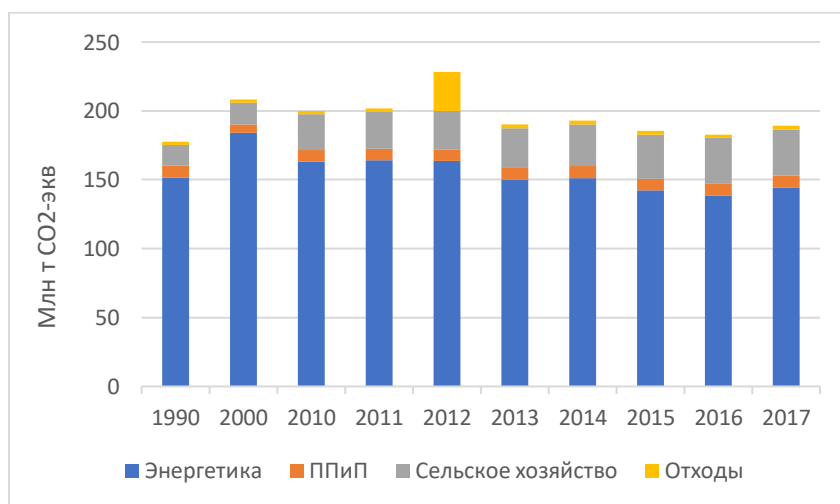


Рис. 5. Эмиссия парниковых газов по отраслям Узбекистана, млн т. CO₂-экв.

В целом по региону Центральной Азии динамика выбросов парниковых газов представлена на Рис. 6.

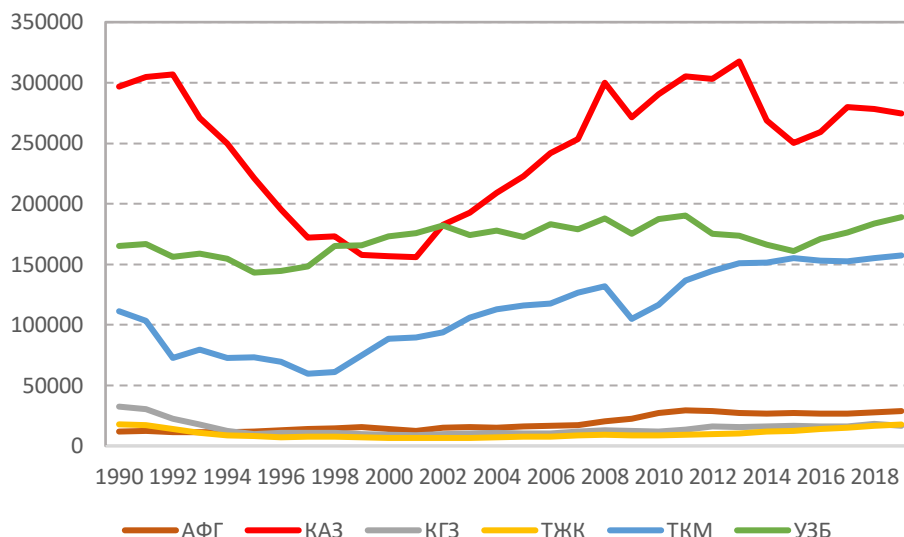


Рис. 6. Динамика выбросов парниковых газов в странах Центральной Азии, тыс. т CO₂-экв

Динамика выбросов парниковых газов, представленная на Рис. 6 показывает, что страны региона находятся на переходном этапе от энергоёмких производств к энергосберегающим технологиям.

2. Изменение климата в бассейне р. Сырдарьи

Последствия изменения климата подчиняются общей гипотетической схеме приведенной на Рис. 7. По мере таяния ледников на первом этапе объем стока начинает увеличиваться и достигает на определенном этапе максимума, затем с исчезновением ледника сток реки начинает сокращаться, в этот период величина стока зависит от количества дождей и снега. Если до изменения климата, реки, формируемые за счет ледников, имеют максимум во второй половине лета, то после таяния ледников, пик стока сдвигается к началу года на апрель-май месяцы, что может привести к серьезным проблемам для сельского хозяйства и энергетики.

За последние 80 лет основные ледники региона на Тянь-Шане и Памире потеряли 25–35% своей площади (Кутузов, 2005; Подрезов и др., 2001; Чуб, 2000).

По мнению большой группы исследователей, будущее воздействие изменения климата на региональные водные

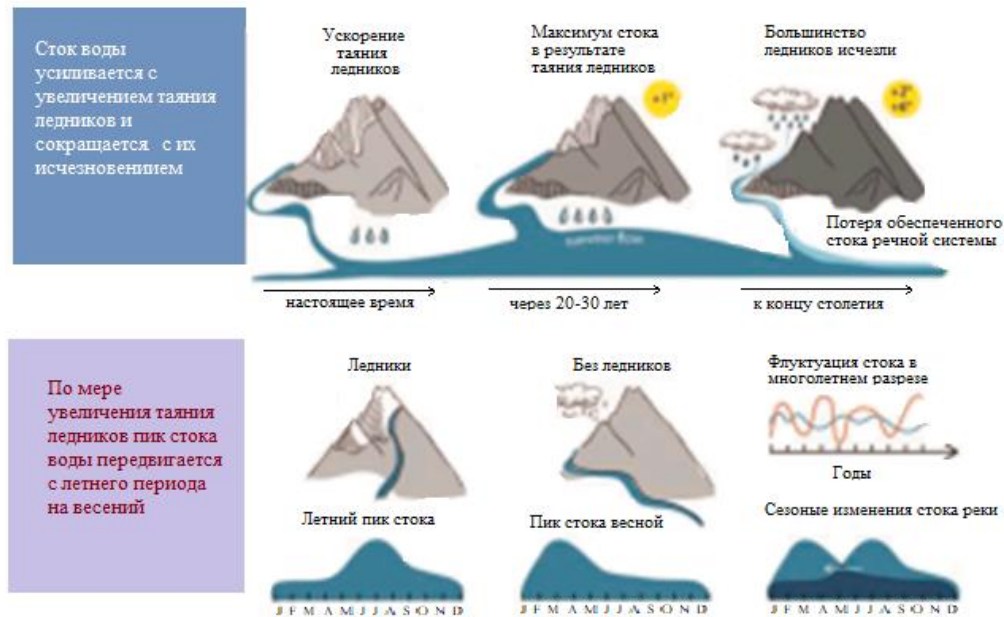


Рис. 7. Стадии изменения стока рек по мере таяния ледников под влиянием изменения климата.

ресурсы может быть разрушительным. Перелет (2007) прогнозирует, что к 2050 году в результате изменения климата водоснабжение рек Сырдарья и Амударья может уменьшиться на 30% и 40% соответственно. Christmann и др. (2009) также указывают на то, что к 2050 г.; в Центральной Азии исчезнет около 32% объема ледников. Большинство результатов моделирования изменения климата сходятся в том, что температура в регионе может повыситься на 1–2°C до 2030–2050 гг. (Любимцева и др., 2005). Повышение температуры в регионе может достичь 3,7°C к 2100 г. при удвоении уровня CO₂ (IPCC, 2007), что может резко повысить потребность в воде сельскохозяйственных культур.

Оценки показывают, что к 2080 году изменение климата без удобрительного эффекта CO₂ окажет негативное влияние на продуктивность сельского хозяйства во всех странах Центральной Азии (от -5% до -15%), кроме Северного Казахстана. С удобрительным эффектом CO₂ производительность сельского хозяйства может увеличиться во всех странах Центральной Азии от +1 в Узбекистане до 28.1% в Северном Казахстане, если будет достаточно водных ресурсов. Текущее состояние продовольственной безопасности в Центральной Азии варьирует от одной страны к другой. Если в Казахстане и Кыргызстане доля недоедающих в населении незначительна, то в Таджикистане недоедает каждый четвертый человек (ФАО, 2009с). В последнее время наблюдается тенденция к улучшению во всех странах.

В бассейне Аральского моря орошаемое земледелие является ключевым источником производства продовольствия, и если не принять мер по адаптации, таяние ледников, вызванное изменением климата, может привести к серьезным

проблемам в области продовольственной безопасности. Даже если предположить, что полное исчезновение ледников в Центральной Азии произойдет не раньше, чем в несколько отдаленном будущем, ожидаемые краткосрочные последствия таяния ледников (сезонные сдвиги и экстремальные явления) уже могут нанести ущерб продовольственной безопасности, из-за сокращения водных ресурсов в период вегетации сельскохозяйственных культур в летний период.

Общие запасы льда в горах Тянь Шань с 2010 по 2050 г как функция возмущения температуры и осадков (сценарии B1 и A2) представлены на Рис. 8.

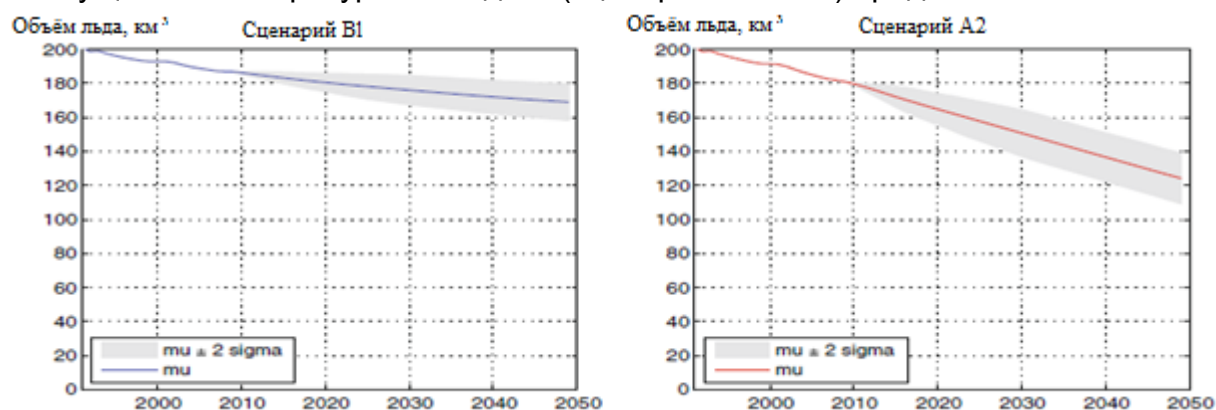


Рис. 8. Общие запасы льда в горах Тянь Шань с 2010 по 2050 г как функция возмущения температуры и осадков (сценарии B1 и A2) (Источник: Bernauer, T. & Tobias S., 2012).

В зависимости от сценария выбросов таяние ледников будет по-прежнему способствовать стоку в течение первой половины 21 века. В соответствии со сценарием выбросов СДСВ A2 за этот период растает приблизительно одна треть существующего общего объема материкового льда с ожидаемой потерей объема 31% \pm 4%. Это соответствует примерно 2.7% \pm 2% от общего естественного стока бассейна, или около одной трети современного среднего притока в Аральское море после учета всего безвозвратного использования воды вверх по течению.

В этих условиях пик стока по сценарию A2 смещается на 30–60 дней с текущего весенне-летнего режима в сторону поздне-зимнего/ранне-весеннего режима стока. Для сравнения, смещение среднего пикового стока по сценарию B1 менее выражено и, особенно для высокогорных водосборов, малозаметно (Рис. 9). Это подтверждает мнение о критической температурной чувствительности режима стока в бассейнах, движимых таянием снега и ледников, и о том, как они могут реагировать на различные климатические воздействия. Это также указывает на большую неопределенность сценария.

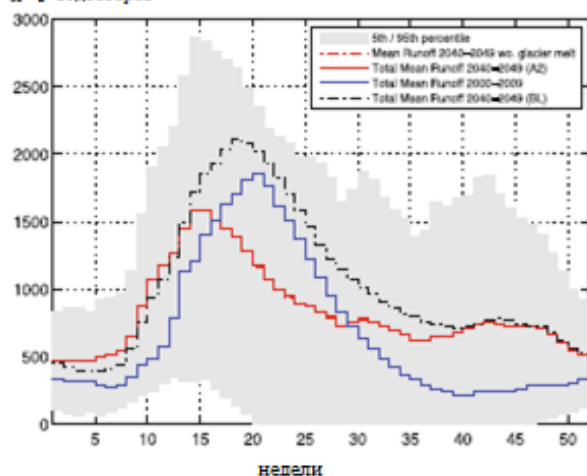
Покрытие потребности в оросительной воде в Ферганской долине. На рис. 10 показано ожидаемое водообеспечение в соответствующих подбассейнах (регулируемых/ нерегулируемых) в Ферганской долине относительно ожидаемой потребности в воде для орошения.

Эта оценка предполагает, что а) орошаемая площадь остается неизменной, б) состав культур остается неизменным и в) увеличение эвапотранспирации в нижнем течении (+- 1,7 % по сравнению с уровнями 2000–2009 гг.) определяется повышением температуры.

Ожидается, что максимальный дефицит покрытия спроса на воду в Ферганской долине будет возникать на ранних стадиях роста культур, в периоды, когда культуры наиболее чувствительны к водному стрессу. Для покрытия этого дефицита потребуются тщательное планирование как орошения, так и возможности дополнительного искусственного хранения в нерегулируемых водосборных бассейнах.

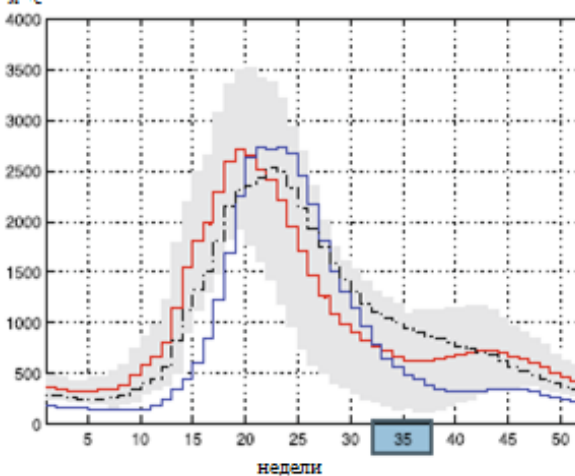
Этот сдвиг может иметь важные последствия в управлении водохранилищами, поскольку приведёт к серьезному дефициту в вегетационный период. В настоящее время более 90% общего среднегодового безвозвратного использования водных ресурсов приходится на орошение. Существующая искусственная инфраструктура способна накапливать сток в начале поливного сезона периодически в регулируемых водосборах (около 50% от общего стока в Ферганской долине). Но ожидаемый временной сдвиг стока может привести к уменьшению непосредственной доступности воды в нерегулируемых подбассейнах, которые не обслуживаются регулируемыми попусками из водохранилищ.

Q. Средний недельный сток в Ферганскую долину с нерегулируемых водосборов

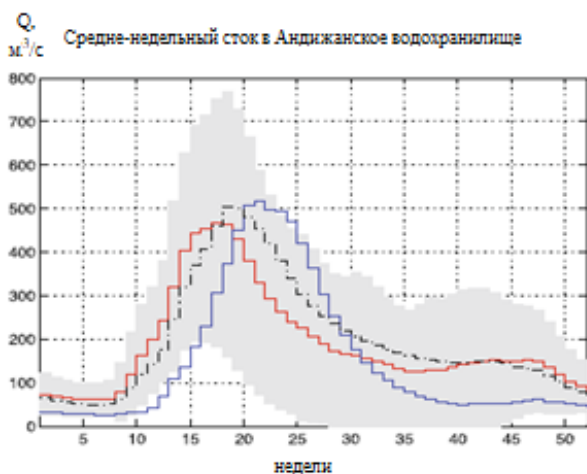


a)

Q. Средний недельный сток в Токтогульское водохранилище



b)



c)



d)

Рис. 9. Сток рек в верхнем и среднем течении р. Сырдарьи к 2040-2049 гг с учетом и без учета таяния ледников. Источник: Bernauer, T. & Tobias S., 2012.

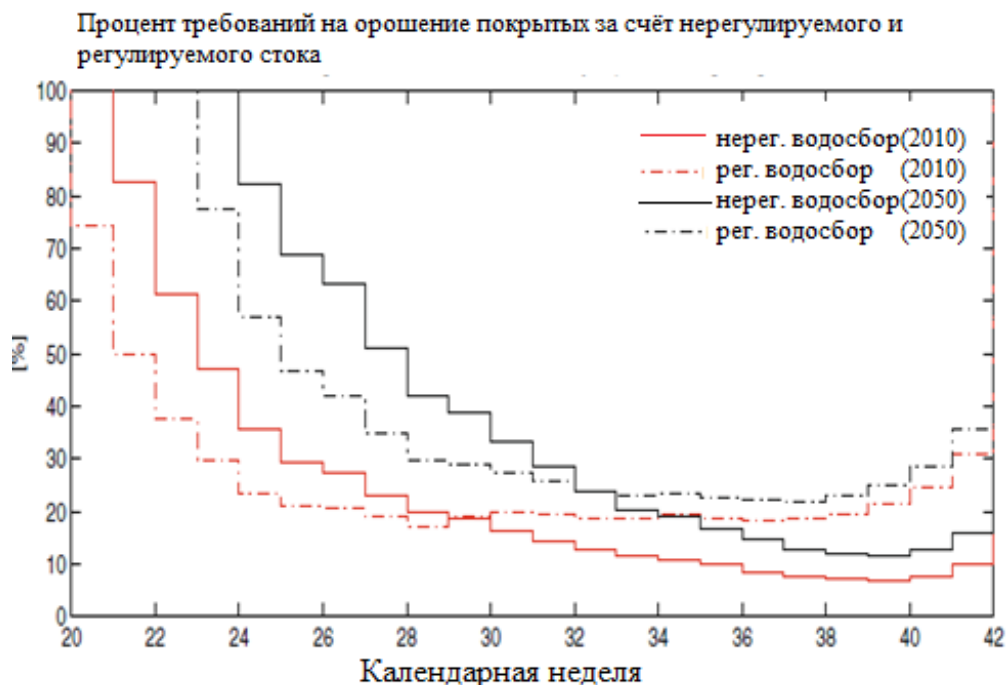


Рис. 10. Ожидаемая водообеспеченность в Ферганской долине относительно ожидаемой потребности в воде для орошения. Источник: Bernauer, T. & Tobias S., 2012

Основной причиной прогнозируемых изменений сезонности является раннее таяние снега, вызванное повышением температуры. В частности, низменные водосборные бассейны, например бассейн р. Чирчик, питающий Чарвакское водохранилище, вероятно, испытают значительные изменения в характере стока. Водосборы верхнего бьефа, впадающие в Токтогульское водохранилище, будут испытывать меньшее воздействие из-за большой высоты над уровнем моря.

Общий вклад таяния ледников едва заметен. Они не компенсируют увеличивающийся разрыв в доступности воды для орошения в течение вегетационного периода. В то же время негативные последствия сезонных сдвигов стока, вероятно, будут усугубляться в результате роста численности населения, что снизит водообеспеченность на душу населения. Этот эффект может быть особенно сильным вниз по течению, особенно в Ферганской долине.

Ожидается, что к 2050 году численность населения вырастет на 40% по сравнению с уровнем 2010 года, что значительно выше, чем соответствующий 25-процентный рост в верховьях Кыргызстана за тот же период времени. Длина ледников будет уменьшаться во всех размерных категориях. По мере отступления ледников большие объемы талой воды могут оказаться в ловушке за неустойчивыми конечными моренами. При обрушении этих морен могут происходить прорывы ледниковых озер. Такие прорывы потенциально могут вызывать катастрофические наводнения ниже по течению. Потери запасов льда к 2049 по сравнению с 2010 г представлены на рис. 11.

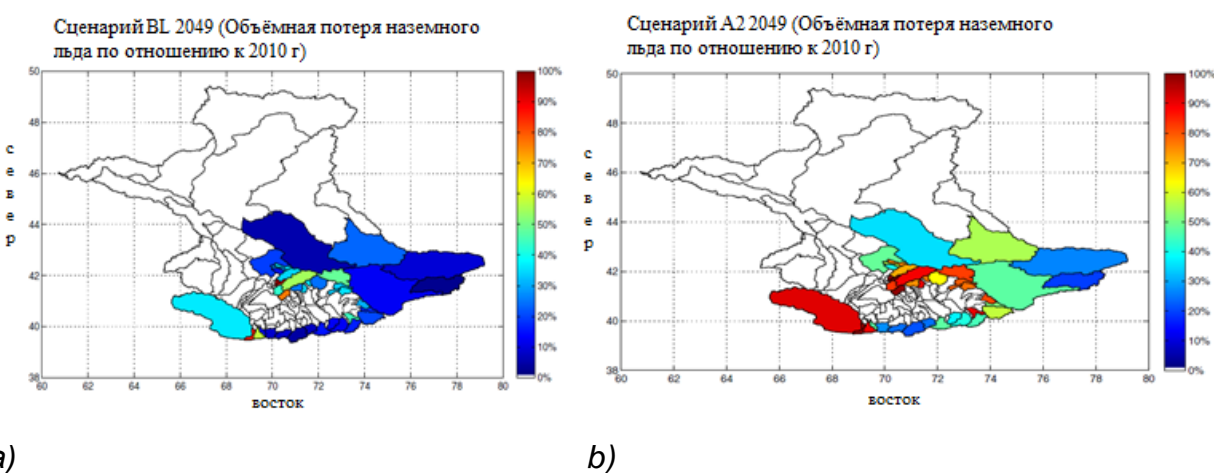


Рис. 11. Потери запасов ледников к 2049 по сравнению с 2010 г по сценариям BL (а) и A2 (б).

Из Рис. 11 видно, что потери ледников могут составить от 10 до 20% в базовом сценарии и до 40–50% в сценарии A2. В сценарии A2, дефицит водных ресурсов в бассейне Сырдарьи можно компенсировать дополнительной затратой электроэнергии для сохранения водообеспеченности в орошаемом земледелии.

Песчаные и пыльные бури. Песчаные и пыльные бури — это атмосферное явление в виде переноса больших количеств пыли (частиц почвы, песчинок) ветром с земной поверхности в слое высотой несколько метров со значительным ухудшением горизонтальной видимости. При этом наблюдается подъём пыли (песка) в воздух и одновременно оседание пыли на большой территории. Они возникают из-за очень сухой поверхности почвы, а скорости ветра достигают, более

10 м/сек в пустынных или полупустынных территориях. Сильные ветры поднимают большое количество песка и пыли с обнаженных сухих почв в атмосферу, перенося их на сотни и тысячи километров. Около 40% твердых или жидких частиц, находящихся во взвешенном состоянии в воздухе – аэрозоли, в тропосфере (самый низкий слой земной атмосферы) представляют частицы пыли от ветровой эрозии.

На высохшей части дна Аральского моря, свыше 90 дней в году бушуют пылевые бури, разнося в атмосферу на многие тысячи километров ежегодно более 100 млн тонн пыли и ядовитых солей. По оценкам, ядовитые соли из Аральского региона обнаружены на побережье Антарктиды, на ледниках Гренландии, в лесах Норвегии и многих других частях земного шара. Отсюда, дальнейшее сокращение запасов ледников может привести к усилению распространения пыли, выпадению её на поверхности ледников и усилит процессы их таяния.

Изменчивость содержания серы на северном склоне Тянь-Шаня. В целом вариации концентрации серы в образованиях могут отражать изменчивость содержания серы в атмосфере из-за морских брызг, пыли, вулканической активности и/или промышленного загрязнения (Frisia et al., 2005; Wynn et al., 2010). Аэрозоли серы в ЦА в основном образуются из гипса, поступающего из регионов Каспийского и Аральского морей (Kreutz and Sholkovitz, 2000). Современные вариации характеристик пыли на северном склоне Тянь-Шаня обнаруживают сложную закономерность сезонности в зависимости от динамики локальной и полушарной циркуляции, выноса атмосферной пыли и сезонной повторяемости пыльных бурь (Schettler et al., 2014) с более высокой изменчивостью событий в летние месяцы и очень низкими концентрациями пыли в зимние месяцы (Schettler et al., 2013, 2014).

3. Динамика притока воды к водохранилищам в бассейне Аральского моря

Рассмотрим динамику запасов ледников и их влияние на запасы воды в водохранилищах, расположенных в горной зоне (Рис. 12). Водные ресурсы Таджикистана зависят от ледников, расположенных в горах. Площадь ледников составляет 8400 км² и объем 417.5 км³. Если учесть, что в 1960 годы объем ледников составлял 650 км³, то сокращение ледников может составить 1/3 от имевшихся запасов. Каждый год ледники обеспечивают 10–20% стока рек, а в маловодные годы до 70%. Реки образуются в результате таяния снегов в апреле, а с июля по август они формируются на 80-90% за счет ледников (в бассейне Сырдарьи доля стока рек от таяния ледников составляет около 6%). Ниже показаны измеренные и восстановленные временные ряды баланса массы для Центральной Азии (Рис. 13).

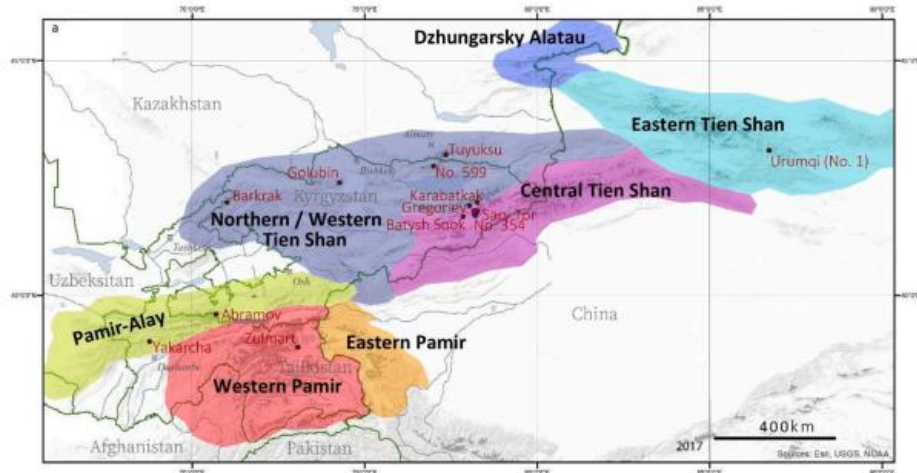


Рис. 12. Основные горные цепи Центральной Азии: Тянь-Шань и Памир, разделенные на общие подобласти. Красным цветом обозначены ледники.

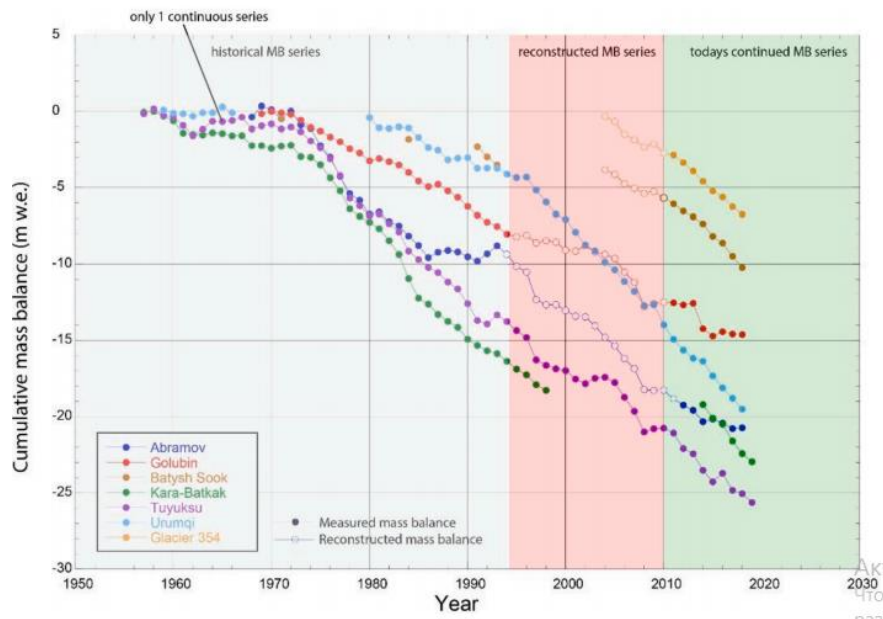


Рис. 13. Измеренные и восстановленные временные ряды баланса массы для Центральной Азии. Источник данных: ряд данных измерений из WGMS.

Указанные процессы ведут к изменению притока стока рек к головным водохранилищам (АБР, 2014). Фактический приток в Нурекское водохранилище на 2001–2010 гг. представлен на рис 14.

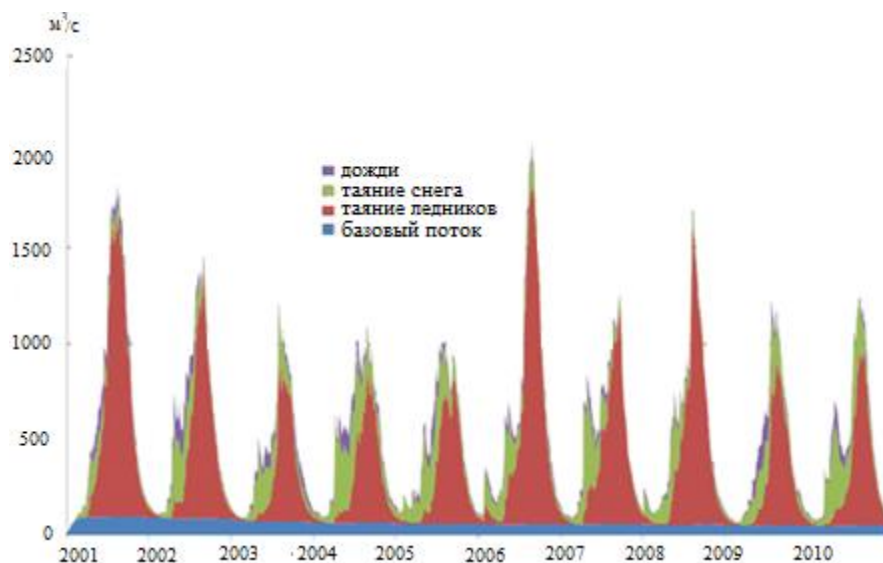


Рис. 14. Фактический приток в Нурекское водохранилище на 2001–2010 гг.

Как видно из Рис. 14, для Нурекского водохранилища таяние ледников более важная составляющая стока реки (АБР, 2014).

Прогноз притока в водохранилище на основе этих данных имеет виде представленный на Рис. 15.

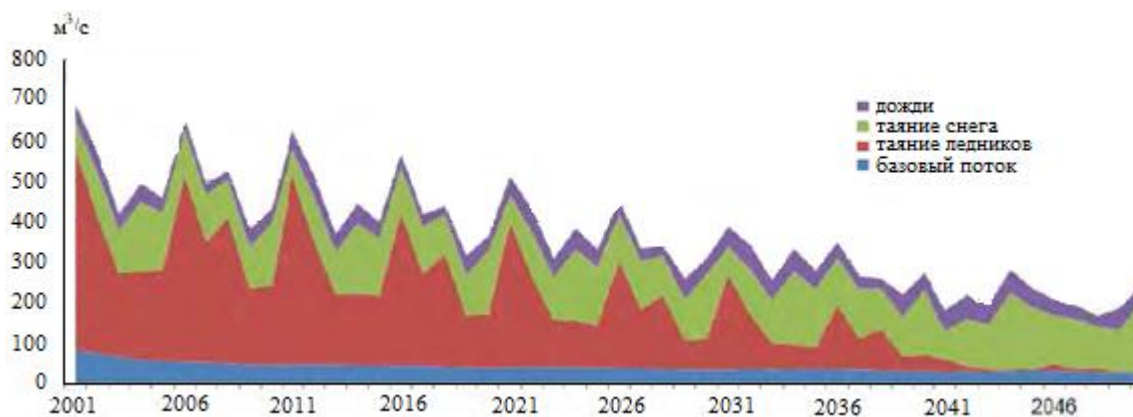


Рис. 15. Прогноз притока стока реки к Нурекскому водохранилищу на период до 2050 г. (АБР, 2014)

Как видно из рис. 15. сокращение ледников существенно скажется на стоке реки. Фактический приток к Токтогульскому водохранилищу в период с 2001 по 2010 г. представлен на Рис. 16.

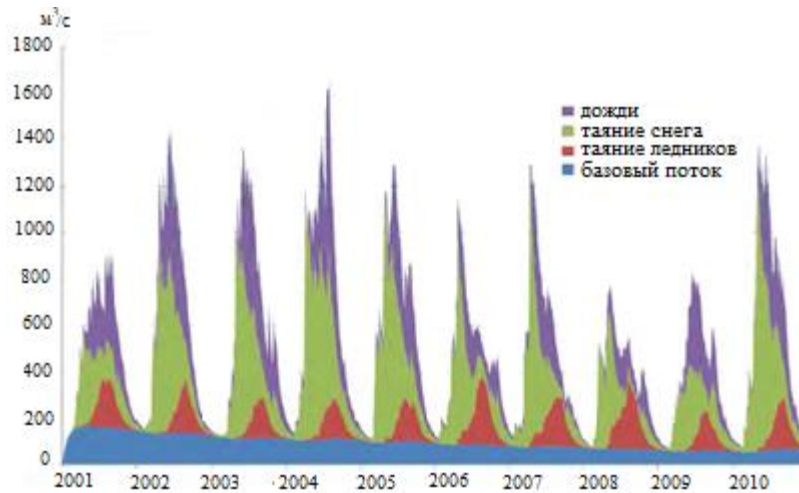


Рис. 16. Фактический приток к Токтогульскому водохранилищу в период с 2001 по 2010 г. (АБР, 2014).

Из Рис. 16 видно, что для Токтогульского водохранилища на р. Сырдарье роль ледников менее выражена, поскольку таяние снегов и дожди являются главным источником притока. Прогноз притока в Токтогульское водохранилище на период с 2001 по 2050 гг представлен на Рис. 17.

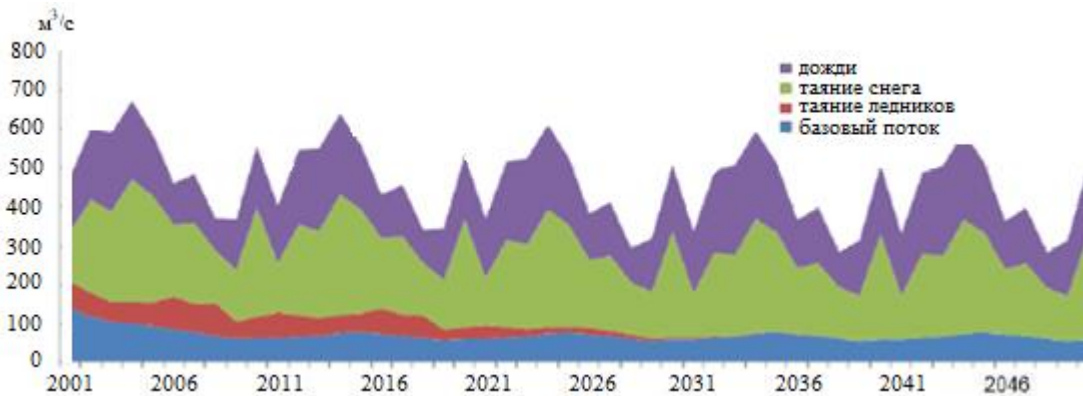


Рис. 18. Прогноз притока к Токтогульскому водохранилищу на период с 2001 по 2050 гг. (АБР, 2014).

Из Рис. 18 видно, что для Токтогульского водохранилища сокращение притока ожидается менее заметным, хотя доля ледников в стоке реки полностью исчезает уже к 2030 г по расчетам по 5 различным климатическим сценариям. Модели также показывают возможные годовые изменения на различные годы.

Изменение сезонного режима притока в Нурекское и Токтогульское водохранилища на период до 2050 г.

Ожидается, что сезонные изменения будут особо ощутимыми для Нурекского водохранилища и менее для Токтогульского, что связано с долей ледников в питании соответствующих рек.

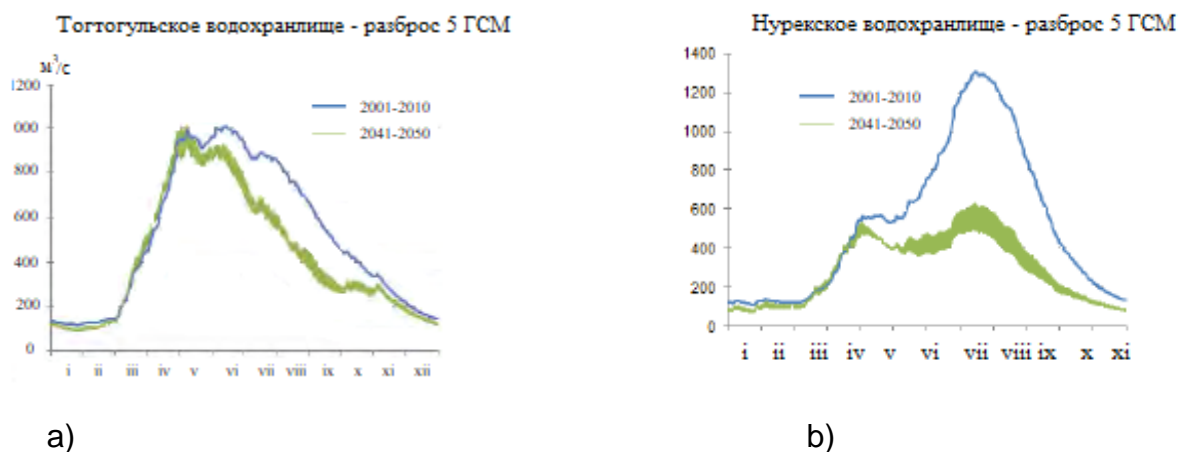


Рис. 20. Сезонный гидрограф для Токтогульского водохранилища (бассейн р. Сыдарьи) и Нурекского водохранилища (бассейн р. Амударьи) в период 2001–2010 г (фактический) и на 2001–2050 гг (прогнозный на перспективу) (АБР, 2014).

Из рис. 20 видно, что в случае бассейна р. Амударьи будет иметь место резкое снижение стока реки во второй половине лета, когда потребности сельскохозяйственных культур особенно возрастают.

Ожидаемое изменение потребности в воде в орошаемом земледелии в результате изменения климата:

- Потребность в воде в бассейне Сырдарьи к 2050 году повысится на 3.0–3.9%. Не обеспеченная потребность в воде увеличится с 8.8% до 31.6–39.7%.
- Потребность в воде в бассейне Амударьи к 2050 году повысится на 3.8–5%. Не обеспеченная потребность в воде увеличится с 24.8% до 45.8–54.5%.
- Площадь Аральского моря к 2050 году будет и дальше сокращаться с 17 000 км² до 13 800 км².
- Площадь Северного Арала может увеличиться на 72%, а Южного Арала сократиться на 38% (АБР, 2014).

Изменения в величине снежного покрова

- Сезонный снежный покров составляет основную часть годового водного баланса в Центральной Азии с оценкой вклада водного эквивалента снега в более чем 50% для основных бассейнов.

- Армстронг и др. используя дистанционное зондирование и моделирование дневного таяния ледников, рассчитали, что сезонный вклад снега достигает 65–72% от среднегодового стока в бассейнах Амударьи и Сырдарьи.

Выводы

- В ЦА регионе ожидается изменение компонентов стока рек (дождей, таяние снегов, ледников, подземных вод), что может существенно изменить режим стока рек. Наибольшие изменения ожидаются в летнем стоке рек, его режиме и количестве.
- К 2050 году сокращение стока ожидается особенно на реках, подпитываемых за счет таяния ледников.
- Потребность в воде в орошаемом земледелии возрастет
- Все это увеличит дефицит воды для производства продуктов питания и выработки электроэнергии.
- В результате изменения климата регион Центральной Азии уже потерял треть ледников.
- При развитии по сценарию высоких выбросов – RCP 8,5 - годовая температура может повысится приблизительно на 1,7°C к 2030 году, на 3,1°C к 2050 году и на 5,4°C к 2080 году, что может иметь катастрофические последствия для в региона в результате увеличения дней с температурой более 40°C, увеличения числа тропических ночей и сокращения холодного периода года, что приведет к дальнейшему сокращению площади ледников и последующему сокращению стока рек.

Практическое занятие:

Проводится в форме семинара, к которому магистранты должны подготовить реферат, описывающий возможные сценарии изменения климата в странах Центральной Азии, и меры по смягчению и адаптации к изменениям климата.

Вопросы, по которым оценивается освоение данного лекционного материала

1. Почему влияние изменения климата будет более ощутимым в бассейне р. Амударьи, а не р. Сырдарьи?
2. На что направлены меры по смягчению изменения климата?
3. На что в основном направлены меры по адаптации к изменению климата?
4. В какой части региона возможно увеличение располагаемых водных ресурсов?
5. В чём отличие сценариев RCP 2,6 от сценария RCP 8,5?
6. В какие периоды года наиболее ощутимо повышение температуры воздуха?
7. Какие возможные изменения величины осадков в результате изменения климата?

8. Назовите основные негативные влияния изменения климата на сельское хозяйство?
9. Потребность сельскохозяйственных культур в воде повысится или понизится и почему?
10. Почему прогнозируется сдвиг пика стока рек с июля-августа на весенние месяцы?

Литература

1. Bernauer, Thomas & Siegfried, Tobias. (2012). Climate change and international water conflict in Central Asia. *Journal of Peace Research*. 49. 227–239. 10.1177/0022343311425843.
2. Третье национальное сообщение Кыргызской Республики по рамочной конвенции ООН об изменении климата. Бишкек. 2016
3. Профиль изменения климата: Таджикистан. GIZ, 2020.

МОДУЛЬ 2. НЕКСУС ВОДЫ, ЭНЕРГИИ, РОДОВОЛЬСТВИЯ И ЭКОСИСТЕМ. ОСНОВЫ

2.1. ВОДНЫЙ СЛЕД ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ. ЦЕННОСТЬ ВОДЫ

Содержание

1. Является ли гидроэнергетика водопотребителем ?
2. Водный след.
3. Пошаговый расчёт испарения с водной поверхности по формуле Пенман-Монтейта.

Введение

Развитие современной гидроэнергетики началось со строительством плотин. Плотины играли ключевую роль в развитии человека, так около 30-40% орошаемых земель во всём мире зависит от воды водохранилищ (Всемирная комиссия по плотинам, 2000 г.), а в 2008 г. на долю гидроэнергетики приходилось 16% производимой мировой электроэнергии (МЭА, 2010 г.). Гидроэнергетика считается сравнительно чистой, недорогой и возобновляемой формой энергии, хотя плотины часто имеют большое экологическое и социальное негативное воздействие.

Нексус продовольствия и гидроэнергетики может иметь место, когда гидроэнергетика аккумулирует, меняет режим или потребляет часть стока реки, тем самым вода становится недоступной для дальнейшего использования в сельском хозяйстве или наоборот, потребление воды в сельском хозяйстве приводит к сокращению стока реки для производства электроэнергии. Этот раздел посвящен вопросу является ли гидроэнергетика водопотребителем и сколько воды она потребляет. В данном разделе приводится оценка «водного следа» гидроэлектростанций — воды, испаряющейся из искусственных водохранилищ для производства электроэнергии на примере 35 объектов, изученных MEKONNEN и HOEKSTRA (2011).

Водный след гидроэнергетики

Устойчивое развитие гидроэнергетики требует учета всех внешних затрат, включая водопотребление. Отдельные исследователи рекомендуют добавлять оценку водного следа в качестве компонента в оценку проектируемых гидроэлектростанций, а также в оценку существующих плотин гидроэлектростанций, чтобы можно было оценить воздействие водного следа производства гидроэлектроэнергии на других водопользователей и на экологический сток в нижнем течении. Экономические и экологические затраты

потребления воды возлагаются на оператора гидроэлектростанции и включаются в цену гидроэлектроэнергии. Необходимо иметь в виду, что затраты на водопотребление различаются в течение года и по речным бассейнам, поскольку степень дефицита воды и конкуренция за воду зависят от периода года и местных условий.

Водный след состоит из трех компонентов:

- *безвозвратного использования дождевой воды (1),*
- *безвозвратного использования грунтовых или поверхностных вод (2), и объема загрязненной воды (3).*

В этом разделе анализ ограничивается количественной оценкой водного следа гидроэлектростанций и фокусируется на безвозвратном использовании поверхностных вод, связанном с испарением из искусственных водохранилищ, создаваемых за плотинами гидроэлектростанций. Накопление воды за плотинами крупных ГЭС приводит к безвозвратному использованию воды за счет испарения с открытой водной поверхности искусственного водохранилища.

Водный след электроэнергии (WF, м³/ГДж), вырабатываемой гидроэнергетикой, есть отношение количества воды, ежегодно испаряемой из водохранилища (WE, м³/год), на количество вырабатываемой энергии (EG, ГДж/год):

$$WF = WE / EG \quad [1]$$

Суммарный объем испарившейся воды (WE, м³/год) из водохранилища ГЭС за год составляет:

$$WE(e) = \sum_{n=1}^{365} (e * A) \quad [2]$$

где E — суточное испарение с поверхности водоёма (мм/сутки), A — площадь водоема (га).

Существует ряд методов измерения или оценки испарения. Эти методы можно разделить на несколько типов, в том числе: эмпирический, водно-балансовый, энергетического баланса, массообмен и комбинация предыдущих методов (Singh и Хи, 1997).

В Центральной Азии вопросу оценки испарения с водной поверхности посвящены исследования Ю. Н. Иванова и многих др. Эмпирические методы связывают расчётное испарение с испарителями, с фактическим испарением из водохранилища или измерения лизиметра с метеорологическими факторами с использованием регрессионного анализа. Слабость этих эмпирических методов в том, что они имеют ограниченный диапазон применимости. Методы водного баланса просты и потенциально могут обеспечить более надежную оценку испарения при точном измерении каждого компонента водного баланса. Однако из-за трудностей измерения некоторых переменных, таких как скорость просачивания

в почву, методы водного баланса на практике редко дают надежные результаты (Lenters et al., 2005, Singh and Xu, 1997).

В методе энергетического баланса испарение из водного объекта оценивается как разница между входной и выходной энергией, измеренной на участке. Методы основанные на балансе энергии считаются наиболее надежными в теории (Lenters et al., 2005; Singh and Xu, 1997), но требуют дорогостоящего оборудования и привлечения большого количества персонала для полевых работ и обработки данных (Winter et al., 1995). В массообменных (аэродинамических) методах используется концепция вихревого движения водяного пара от испаряющейся поверхности в атмосферу. Методы массообмена обычно используют легко измеряемые переменные и во многих случаях дают удовлетворительные результаты. Хотя измерения скорости ветра и температуры воздуха на разных высотах приводят к большому количеству уравнений с похожей или идентичной структурой (Singh and Xu, 1997). Комбинированные методы объединяют принципы переноса массы и баланса энергии в одном уравнении. Двумя наиболее известными комбинированными методами являются уравнение Пенмана и уравнение Пенман-Монтейта. Из-за своей ограниченной эмпирической базы уравнение Пенман-Монтейта более применимо к различным водоемам. Кроме того, модель учитывает накопление тепла в водоемах, поэтому уравнение Пенман-Монтейта учитывающее аккумуляцию тепла подходит для оценки испарения из водохранилищ ГЭС. Испарение с водной поверхности (E , мм/сут) оценивается по уравнению Пенман-Монтейта с учетом запаса тепла водоема.

Расчёт водного следа гидроэлектростанции по формуле Пенман-Монтейта. В настоящее время метод Пенмана – Монтейта остаётся единственным стандартным методом расчёта испарения по метеорологическим данным. Кроме данных по местоположению участка, т. е. широты и высоты над уровнем моря, в данном управлении используются стандартные климатические данные:

- i) солнечная радиация
- ii) температура воздуха
- iii) влажность воздуха
- iv) скорость ветра.

Это уравнение, [3], имеет следующую форму (McJannet et al., 2008):

$$E = \frac{1}{\lambda} * \frac{\Delta\omega * (Rn - G) + y * f(u) * (e\omega - e_a)}{\Delta\omega + y}$$

где E – испарение с открытой поверхности воды (мм/сут); λ - скрытая теплота парообразования (МДж/кг); $\Delta\omega$ - наклон кривой температурного насыщения водяного пара при температуре воды (кПа/оС); Rn - полезное излучение (МДж м²

$^2\text{сут}^{-1}$); G - изменение запаса тепла в водоеме ($\text{МДж}/\text{м}^2/\text{сут}$); $f(u)$ - функция ветра ($\text{МДж}/\text{м}^2/\text{сутки}/\text{кПа}$); $e\omega$ - давление насыщенного пара при температуре воды (кПа); e_a - давление пара при температуре воздуха (кПа); и γ - психометрическая константа ($\text{кПа}/\text{оС}$).

Пошагово расчеты выполняют следующим образом.

1. Скрытая теплота парообразования (λ , $\text{МДж}/\text{кг}$) при температуре воздуха (T_a , оС) рассчитывается как (McJannet et al., 2008):

$$\lambda = 2.501 - 2.361 * 10^{-3} * T_a \quad [4]$$

2. Психометрическая константа (γ , $\text{кПа}/\text{оС}$) рассчитывается по формуле (Allen et al., 1998):

$$\gamma = \frac{c_p * P}{\epsilon * \lambda} = \frac{1.63 * 10^{-3} P}{\lambda}$$

в которой P — атмосферное давление (кПа); c_p — удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении (которая равна $1,013 \times 10^{-3} \text{ МДж}/\text{кг}/\text{оС}$), а ϵ — отношение молекулярной массы водяного пара к сухому воздуху и равно 0.622 (безразмерный).

3. Атмосферное давление (P , кПа) зависит от высоты над уровнем моря (ψ , м) и выражается как (Allen et al., 1998):

$$P = 101.3 * \left(\frac{293 - 0.0065 * \psi}{293} \right)^{5.26}$$

4. Функция ветра $f(u)$ ($\text{МДж}/\text{м}^2/\text{day}/\text{кПа}$) рассчитывается из скорости ветра на высоте 10 м (u_{10} , m/s) и так называемой эквивалентной площади (A_e , km^2) (Sweers, 1976):

$$f(u) = (5/A_e)^{2*} (3.80 + 1.57 * u_{10})$$

Эквивалентная площадь (A_e , km^2) равна общей площади поверхности для водоемов правильной формы, а для водоемов неправильной формы её можно принять равной квадрату средней ширины.

5. Давление насыщенного пара (e_a , кПа) при температуре воздуха (T_a) рассчитывается по формуле:

$$e_a = 0.6108 * \exp \left(\frac{17.27 T_a}{T_a + 237.3} \right)$$

6. Нетто излучение (R_n , $\text{МДж м}^{-2} \text{ д}^{-1}$) представляет собой разность между чистым входящим коротковолновым излучением (R_{ns} , $\text{МДж м}^{-2} \text{ д}^{-1}$) и чистым уходящим длинноволновым излучением (R_{nl} , $\text{МДж}/\text{м}^2/\text{день}$) (Аллен и др., 1998):

$$Rn = Rns - Rnl$$

7. Чистая приходящая коротковолновая радиация (Rns , МДж/м²/сут) в результате баланса между приходящей и отраженным солнечным излучением определяется по формуле (Allen et al., 1998):

$$Rns = (1 - a) * Rs$$

где a — коэффициент альбедо для открытой воды (безразмерный), который имеет значение 0.07 (Lenters et al., 2005), а Rs — приходящая солнечная радиация (МДж/м²/сут).

8. Приходящую солнечную радиацию (Rs , МДж м⁻²сут⁻¹) можно рассчитать по формуле Ангстрема, которая связывает солнечное излучение с внеземным излучением и относительной продолжительностью солнечного сияния:

$$Rs = \left(as + bs * \frac{n}{N} \right) * Ra$$

где n - фактическая продолжительность солнечного сияния (часы); N максимально возможная продолжительность солнечного или светового дня (часы); n/N - относительная продолжительность солнечного сияния (равная единице минус доля облачности, безразмерная); Ra - внеатмосферная солнечная радиация (МДж/м²/сут); как константа регрессии, выражающая долю внеземного излучения, достигающего Земли в пасмурные дни ($n = 0$), и $as+bs$ - долю внеземного излучения, достигающего Земли в ясные дни (когда $n = N$).

В зависимости от атмосферных условий (влажность, запыленность) и солнечного склонения (широта и месяц) значения as и bs будут меняться. Там, где отсутствуют фактические данные о солнечном излучении и не проводилась калибровка для улучшенных параметров as и bs , значения $as = 0.25$ и $bs = 0.50$ принимаются в соответствии с рекомендациями Allen et al. (1998).

9. Внеземное солнечное излучение Ra для каждого дня года и для разных широт можно оценить по солнечной постоянной:

$$Ra = 24 * \frac{60}{\pi} * Gsc * dr [ws * \sin(\varphi) * \sin(\delta) + \cos(\varphi) * \cos(\delta) * \sin(ws)]$$

где Gsc — солнечная постоянная (равная 0,0820 МДж/м²/сут); dr - обратное относительное расстояние Земля-Солнце; ws часовой угол захода солнца (рад); φ - широта (рад) и δ - солнечное прореживание (рад).

Внеземная радиация Ra – это солнечная радиация, получаемая верхним слоем земной атмосферы на горизонтальной поверхности. Так как эта радиация

проникает в атмосферу, она рассеивается, отражается или поглощается атмосферными газами, облаками и пылью.

10. Обратное относительное расстояние Земля-Солнце, dr , и солнечное склонение, δ , определяются как:

$$dr = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{2\pi}{365} * J\right)$$

$$\delta = 0.409 * \sin\left(\frac{2\pi}{365} * J - 1.39\right)$$

где J — номер дня в году между 1 (1 января) и 365 или 366 (31 декабря). Широта φ , выраженная в радианах, положительна для северного полушария и отрицательна для южного полушария.

11. Часовой угол захода солнца, ω_s , определяется по формуле:

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi) * \tan(\delta)]$$

12. Чистая уходящая длинноволновая радиация ($R_{nl}\downarrow$, МДж/м²/сут) представляет собой разность между уходящей длинноволновой радиацией ($R_{l}\uparrow$, МДж/м²/сут) и приходящей длинноволновой радиацией ($R_{l}\downarrow$, МДж м⁻² д⁻¹):

$$R_{nl} = R_{l}\uparrow - R_{l}\downarrow$$

13. Приходящая длинноволновая радиация ($R_{l}\downarrow$, МДж/м²/сут) рассчитывается по (Fischer et al., 1979; Henderson-Sellers, 1986):

$$R_{l}\downarrow = e_a * \sigma * (T_a + 273.15)^4 (1 + 0.17 * C_f^2) * (1 - r_{lw})$$

где e_a — коэффициент черноты воздуха (безразмерный); σ - постоянная Стефана-Больцмана (4,903x10⁻⁹ МДж/К⁴/м²/сут); C_f - фракционная облачность (безразмерная); и r_{lw} - полная отражательная способность излучения длинных волн водной поверхностью, принятое за константу со значением 0.03 (Henderson-Sellers, 1986).

14. Коэффициент излучения для воздуха рассчитывается как (Swinbank, 1963):

$$e_a = C_e * (T_a + 273.15)^2 \quad \text{где } C_e = 9.37 \times 10^{-6} \text{ К}^{-2}$$

15. Уходящее длинноволновое излучение при температуре воды ($R_{l}\uparrow$,

16. МДж/м²/сут) рассчитывается как (Henderson-Sellers, 1986):

$$Rl \uparrow = \epsilon_w * \sigma * (T_a + 273.15)^4$$

где σ – постоянная Стефана-Больцмана (МДж/м²/К⁴/сут); T_w температура поверхности воды (оС); ϵ_w – коэффициент излучения воды, равный 0.97.

17. Температура воды в день i ($T_{w,i}$, оС) рассчитывается по следующему уравнению (De Bruin, 1982):

$$T_{w,i} = T_e + (T_{w,i-1} - T_c) * \exp(-\frac{1}{r})$$

где $T_w, i-1$ – температура воды в $i-1$ день (оС); T_e – равновесная температура (оС); и r - постоянная времени (день).

18. Равновесная температура (T_e , оС) рассчитывается следующим образом (De Bruin, 1982):

$$T_e = T_n + Rn^* / [4\sigma * (T_n + 273.15)^3 + f(u) * (\Delta n + y)]$$

19. Температура влажного термометра (T_n , оС) рассчитывается с использованием давления паров (e_a , кПа) и температуры точки росы (T_d , оС) следующим образом (McJannet et al., 2008):

$$T_n = \frac{0.00066 * 100T_a + \left(\frac{4098e_a}{(T_d + 237.3)^2} * T_d \right)}{0.00066 * 100 + \left(\frac{4098e_a}{(T_d + 237.3)^2} \right)}$$

20. Наклон кривой температурного насыщения водяным паром при температуре смоченного термометра (Δn , кПа/К):

$$\Delta n = 4098 * [0.6108 * \exp(\frac{17.27T}{T_n + 237.3})] / (T_n + 273.3)^2$$

21. Чистое излучение при температуре смоченного термометра (Rn^* , МДж/м²/сутки) рассчитывается с использованием альбедо (a) следующим образом:

$$Rn^* = (1 - a) * R_s + (Rl \downarrow - Rl \uparrow_n)$$

22. Уходящее длинноволновое излучение при температуре влажного термометра ($Rl \uparrow_n$, МДж/м²/день) рассчитывается на основе Finch и Gash (2002):

$$Rl \uparrow_n = C_f * (\sigma * (T_a + 273.15)^4 + 4\sigma * (T_a + 273.15)^3 * (T_n - T_a))$$

где Cf – относительная облачность.

23. Постоянная времени (т, сут) дано как (De Bruin, 1982):

$$r = 1 + \frac{p_w * c_w * h}{4\sigma * (T_n + 273.15)^3 + f(u) * (\Delta + y)}$$

где p_w — плотность воды (= 1000 кг/м³); c_w - удельная теплоемкость воды (= 0,0042 МДж/кг/К); и h глубина воды (м), оцененная по объему и площади водохранилища.

24. Изменение накопления тепла в водоеме (G, МДж/м²/сутки) рассчитывается по Finch (2001):

$$G = 1 + p_w * c_w * h * (T_{w,i} - T_{w,i-1})$$

25. Давление насыщенного пара при температуре воды (e_w , кПа) рассчитывается по формуле:

$$\theta_w = 0.6108 * \exp \left[17.27 * \frac{T_w}{T_w + 237.3} \right]$$

26. Наконец, наклон кривой температурного насыщения водяного пара при температуре воды (Δ_w , кПа оС⁻¹) равен:

$$\Delta_w = 4098 * \left[0.6108 * \exp \left[17.27 * \frac{T_w}{T_w + 237.3} \right] / (T_w + 237.3)^2 \right]$$

Таким образом можно сравнить водный след электроэнергии от гидроэнергетики с водным следом электроэнергии от сжигание основных культур. Последний может быть рассчитан для каждого вида сельскохозяйственных культур путем умножения воды на воду/ след основной культуры в м³/т из Mekonnen and Hoekstra (2011) по индексу урожая для этой культуры чтобы получить водный след в м³ на тонну всей собранной биомассы. Индексы урожая можно принять из Gerbens(2010).

Результаты расчётов водного следа гидроэлектростанций. Результаты расчётов водного следа гидроэлектростанции от площади затопления на единицу установленной гидроэнергетической мощности представлены на Рис. 1.

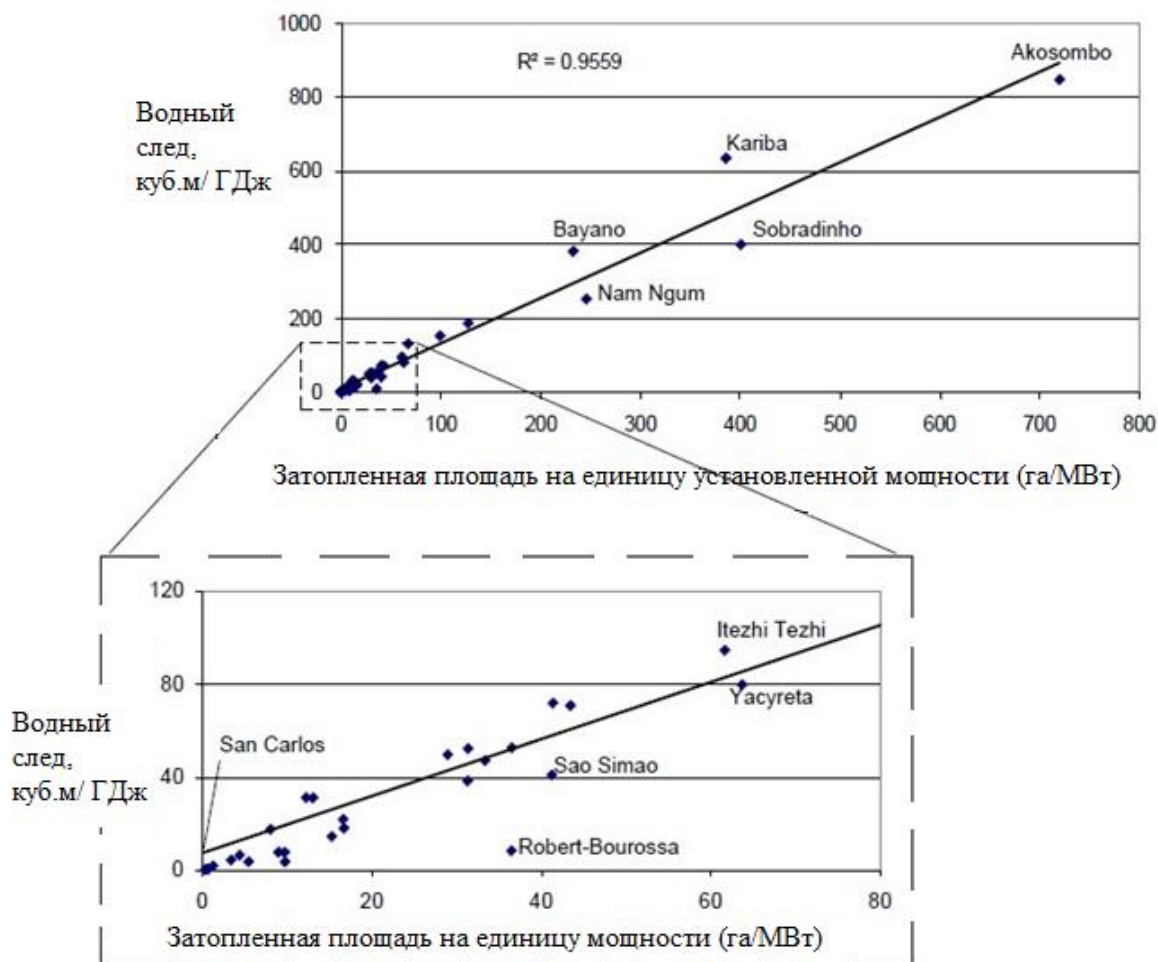


Рис. 1. Зависимость водного следа гидроэлектростанции от затопленной водохранилищем площади.

Оценки показывают, что водный след выбранных гидроэлектростанций составляет $68 \text{ м}^3/\text{ГДж}$ (МЕКОННЕН и НОЕКСТРА, 2011). Ранее выполненные оценки показали водный след электроэнергии в гидроэнергетике составляет $22 \text{ м}^3/\text{ГДж}$. (Гербенс-Линес и др., 2009а). Существуют большие различия в водном следе между гидроэлектростанциями из-за различий в климате в местах, где расположены станции, но, что более важно, в результате больших различий в площади затопления на единицу установленной мощности гидроэлектростанции. Совокупный «водный след» выбранных гидроэлектростанций составляет $90 \text{ Гм}^3/\text{год}$, что эквивалентно 10% «водного следа» мирового производства сельскохозяйственных культур в 2000 году. Общий «водный след» производства гидроэлектроэнергии в мире больше, если учесть, что 35 приводимых объектов составляют только 8% глобальной установленной мощности гидроэлектростанций.

Выводы

1. Гидроэнергетика, связанная с регулированием стока рек с помощью водохранилищ, является водопотребителем. Водный след гидроэнергетики может быть оценен по испарению воды с зеркала водохранилищ.
2. Оценка испарения на рассмотренных водохранилищах с помощью формулы Пенман-Монтейта показала, что водный след выбранных гидроэлектростанций составляет в среднем 68 м³/ГДж мощности электростанций.

Практическое занятие:

Проводится в форме семинара, на котором магистранты должны представить и обсудить результаты рассчитанного заранее испарения для серии водохранилищ используя формулу Пенман-Монтейта и оценить водный след электростанций.

Вопросы, по которым оценивается освоение данного лекционного материала:

1. Является ли гидроэнергетика водопотребителем и при каких условиях?
2. Является ли гидроэнергетика водопользователем и при каких условиях?
3. Что понимается под водным следом энергетики?
4. Какие имеются компоненты водного следа?
5. По какой формуле рассчитывается испарение с поверхности водохранилищ?

Литература:

1. Mekonnen M.M., Hoekstra A.U. The water footprint of electricity from hydropower. Value of water. Research Report. June 2011, Series no. 51.

2.2. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ВОДА-СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Содержание

1. Продовольственная безопасность в мире и дефицит водных ресурсов
2. Метод Пенмана- Монтейта для оценки эталонной эвапотранспирации (ЕТо)
3. Метод Hargreaves-Samani (HS) для оценки ЕТо

1. Продовольственная безопасность в мире и дефицит водных ресурсов

В настоящее время на земле проживает 8,0 млрд населения (2023), а к 2050 году ожидается 9,74 млрд населения (Рис. 1).

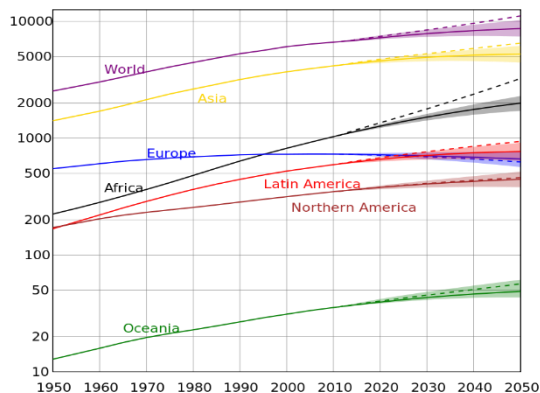


Рис. 1. Динамика и прогноз численности население в период 1950..2050 на уровне материков (Млн)

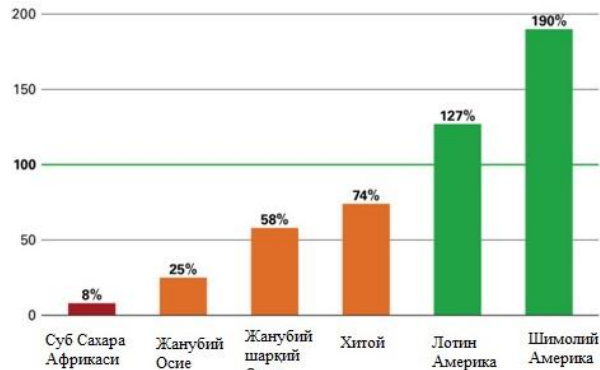


Рис. 2. Рост потребности в продовольствии к 2030 г. по отношению к 2010

Рост численности населения приведёт к росту потребности в продовольствии (Рис. 2). Если в настоящее время потребность в водных ресурсах для выращивания продовольственных культур составляет около 6500 км³/год, с ростом численности населения произойдет повышение требований на воду для орошения (Рис. 3) и общей потребности в воде (Рис. 4). В результате же изменения климата к 2070–2090, ожидается сокращение водных ресурсов по отношению к 1970-1990 (для сценария RCP- 8.5 сокращение водных ресурсов представлено на Рис. 5). Рост численности населения в регионе и изменение климата в совокупности могут привести к двум основным проблемам в сельском хозяйстве:

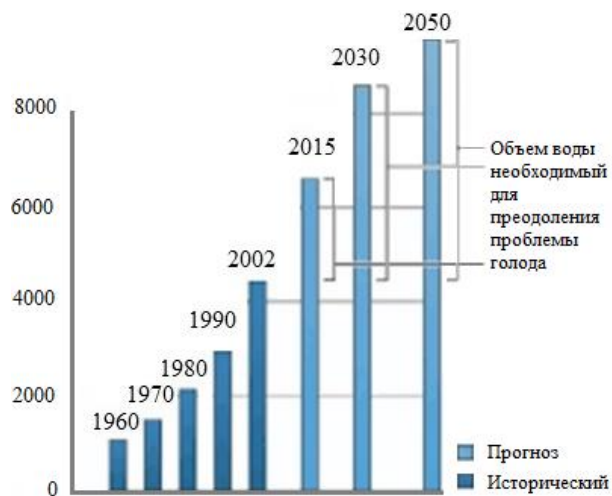


Рис. 3. Потребность в водных ресурсах для выращивания продовольственных культур, км³/год (Источник: World Water Group)

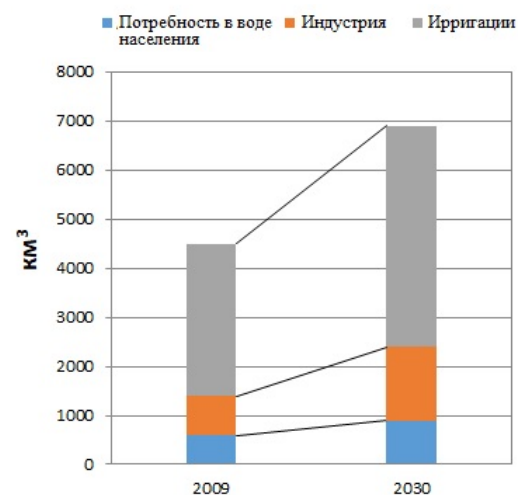


Рис. 4. Общая потребность в воде, км³/год к 2030 г (Источник: World Water Group)

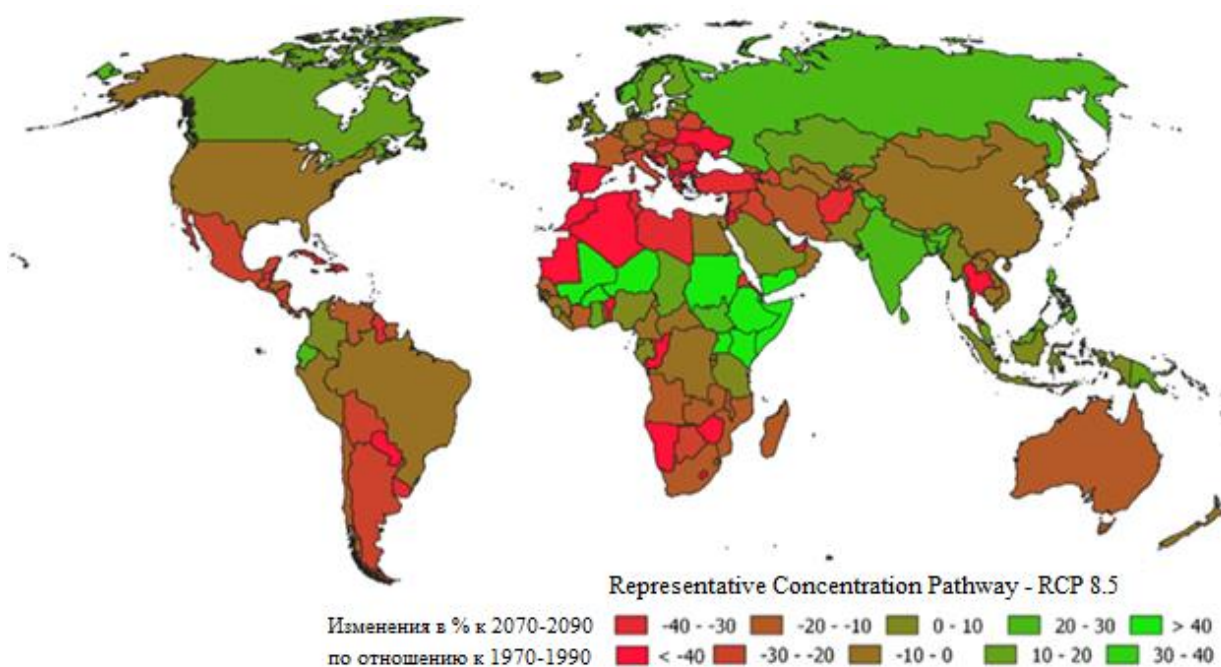


Рис. 5. Сокращение водных ресурсов к 2070–2090, в % к 1970–1990.

- Увеличению потребности в воде из-за увеличения площади орошаемых земель;
- Сокращению стока рек в результате таяния ледников и снега;

Переброска стока рек из других регионов может быть связана с политическими и экологическими проблемами.

В регионе Центральной Азии, значительных нераспределенных водных ресурсов нет. В странах, где уже освоены крупные орошаемые массивы, задача состоит в высвобождении водных ресурсов для других отраслей, таких как энергетика и промышленность. Дополнительные водные ресурсы требуются для улучшения экологической обстановки в низовьях бассейна Аральского моря, озера Балхаш и в других вододефицитных районах. В этих условиях удовлетворению потребности населения в продовольствии путём рационального использования имеющихся водных ресурсов альтернативы нет. Под рациональным использованием понимается такое использование при котором на единицу водных ресурсов получается максимальный объем продукции, с учетом сохранения и преумножения плодородия почв и без ущерба окружающей среде.

Показатели рационального использования водных ресурсов:

1. Получение максимального экологически обоснованного объема продукции на единицу потребления водных ресурсов

$$WP \text{ (кг/м}^3\text{)} \longrightarrow \text{Max}$$

(1) Где WP есть продуктивность воды, рассчитываемая по следующей формуле

$$WP = \frac{Y}{W}$$

(2) Где Y – урожайность культуры, кг/га, W – потребление водных ресурсов, м³/га.

В знаменателе необходимо использовать эвапотранспирацию культуры, в качестве объема водопотребления, но можно рассчитать величину продуктивности воды по объему общих израсходованных водных ресурсов, рассчитанному из водного баланса активного слоя почвы. Иногда рассчитывается продуктивность оросительной воды, если значением других источников воды можно пренебречь, хотя это может привести к значительной погрешности расчётов.

Продуктивность оросительной воды рассчитывается по следующей формуле

$$WP = \frac{Y - Y_0}{W_{ir}}$$

(3) Где Y₀ – урожайность сельскохозяйственной культуры, полученная в условиях богары, W_{ir} – подача оросительной воды, м³/га.

Например, для хлопка-сырца

$$Y = 2800 \text{ кг/га}, Y_0 = 500 \text{ кг/га}, W_{ir} = 6000 \text{ м}^3/\text{га}, WP_{ir} = 0.383 \text{ кг/м}^3$$

Для винограда

$$Y = 18000 \text{ кг/га}, Y_0 = 300 \text{ кг/га}, W_{ir} = 8000 \text{ м}^3/\text{га}, WP_{ir} = 2.21 \text{ кг/м}^3$$

Если $WP < 0.5 \text{ кг/м}^3$, тогда продуктивность низкая,
 $0.5 \text{ кг/м}^3 < WP < 1 \text{ кг/м}^3$ средняя
 $WP > 1 \text{ кг/м}^3$ высокая

При расчете продуктивности оросительной воды могут иметь место большие погрешности, особенно на гидроморфных или полугидроморфных почвах. Поэтому более обоснованным считается расчет продуктивности воды на основе эвапотранспирации.

Следующим показателем рационального использования водных ресурсов является энергоёмкость, или затраты электроэнергии на единицу водных ресурсов, доставленных от источника до растения:

$$E_w = E/W,$$

(4) E_w (кВтч/м³) – энергоёмкость использования водных ресурсов

$$E_w \longrightarrow Min$$

Если:

$E_w < 0.20$ кВтч/м³, энергоэффективность высокая,
 0.2 кВтч/м³ < $E_w < 0.50$ кВтч/м³ энергоэффективность средняя
 $E_w > 0.50$ кВтч/м³ - энергоэффективность низкая

Наряду с энергоэффективностью использования водных ресурсов, важно рассчитать продуктивность энергии при возделывании сельскохозяйственных культур. Продуктивность энергии при возделывании сельскохозяйственных культур можно рассчитать по отношению урожайности культуры к затраченным для её производства энергоресурсам:

$$EP \text{ (МДж / кг)} = Y/Eag,$$

(5) Где EP = продуктивность энергоресурсов при возделывании культуры, Eag = энергоресурсы затраченные на производство продукции, включая водные ресурсы.

$$EP \quad Max$$

Наряду с учетом эффективности и продуктивности затрат используемых ресурсов, необходимо вести учёт экологического фактора, в качестве которого можно рассчитать выбросы парниковых газов на единицу урожая или преувеличение или сохранение плодородия почвы. При этом удельные выбросы парниковых газов рассчитываются по формуле

$$E_c = CO_2\text{-}equ / Y$$

(6) Где $CO_2\text{-}equ$ = выбросы парниковых газов на единицу площади, E_c = удельные выбросы парниковых газов на единицу урожая.

При расчете затрат энергоресурсов, приходится рассчитывать затраты электроэнергии на подъём воды с помощью насосов. Затраты электроэнергии (кВтч) на отбор объема воды (Volume, м³) с помощью насоса зависят от высоты подъёма и рассчитываются по следующей формуле:

$$E_p \text{ (кВтч)} = (Volume \times TH) / (367 * \eta_{pump} * \eta_{motor})$$

(7) E_p = затраты электроэнергии, кВтч, TH (м) необходимый напор, η_{pump} – КПД насоса (ФИК), η_{motor} – КПД мотора.

Необходимо также учесть КПД драйвера 0.50; КПД насоса не превышает 80% и мотора 90%.

$$TH(m) = Lift(m) + Hmin(m) + fLosses(m)$$

(8) Расчетный напор при отборе подземных вод равен высоте подъема воды (Lift), минимальному напору необходимому для работы системы орошения (Hmin) (например, капельной системы), и потери напора на трение в водораспределительной сети (fLosses):

Потребность в оросительной воде сельскохозяйственных культур сводится в основном к расчету эвапотранспирации, или затрат водных ресурсов на транспирации растений и испарение с открытой поверхностью. Эту величину потребления воды восполняют за счет проведения поливов. Испарение — это процесс, посредством которого вода превращается из жидкости в газ или пар. Испарение — это основной путь, по которому вода движется из жидкого состояния обратно в водный цикл в виде атмосферного водяного пара, 70–75% осадков и поливной воды возвращается в атмосферу путем испарения или транспирации. Транспирация — это процесс движения воды через растение и ее испарения с надземных частей, таких как листья, стебли и цветы. Вода необходима также самим растениям, но только небольшое количество воды, взятой корнями, используется для роста и обмена веществ.

Эвапотранспирации культур определяют путем умножения эталонной эвапотранспирации на коэффициент культур (Рис. 6).

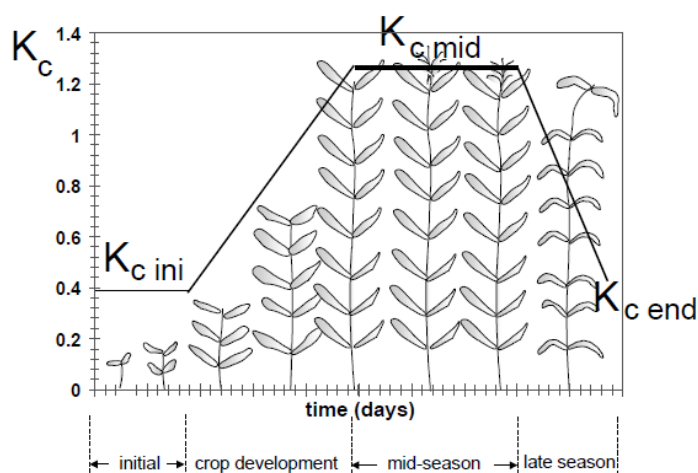


Рис. 6. Динамика коэффициента культуры по фазам развития культуры (Источник: ФАО 56)

Горизонтальная линия представляет K_c , когда поверхность почвы сохраняется постоянно мокрой. Изогнутая линия соответствует K_c , когда поверхность почвы остается сухой, но культура получает достаточно воды для поддержания полной

транспирации. Необходимо различать эталонную эвапотранспирацию, эвапотранспирации в оптимальных условиях, и скорректированную эвапотранспирацию (Рис.7). Эталонная эвапотранспирация (ET_0) зависит только от погодных условий, эвапотранспирация культур от ET_0 и характеристик культур. Скорректированная ET зависит также от экологических факторов, таких как дефицит влаги, засоление почв, вредители, удобрения и т. д.

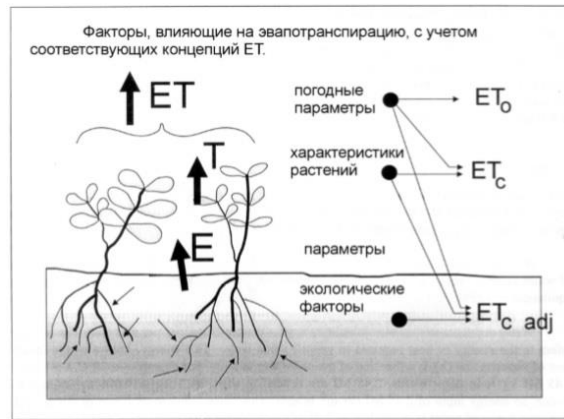


Рис. 7. Факторы влияющие на эвапотранспирации (Источник: FAO 56)

Водный баланс корнеобитаемой зоны и ET представлены на Рис. 8.

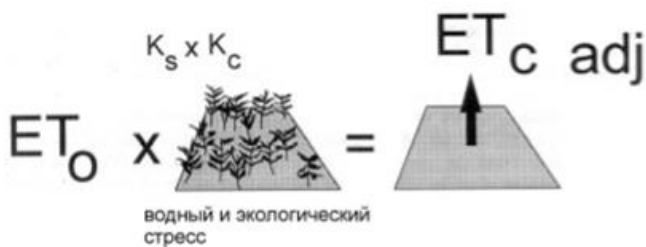
Эталонная ET



ET культуры в оптимальных условиях



Скорректированная ET



Водный баланс корнеобитаемой зоны

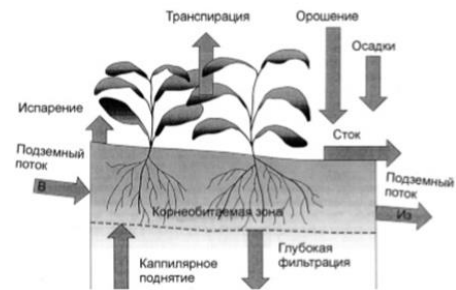


Рис. 8. Процедура расчета эвапотранспирации культур и водный баланс корнеобитаемой зоны (Источник: FAO 56)

Расчет эвапотранспирации культур начинается с расчёта эталонной эвапотранспирации. Широко принятой для расчета ET_0 является формула Пенман – Монтейта, которая записывается следующим образом

$$ET_0 = \frac{0.408 * (R_n - G) + \gamma * \frac{900}{T + 273} * u_2 * (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma * (1 + 0.34 * u_2)}$$

(9) где:

R_n = чистая радиация (МДжм⁻²сут⁻¹);

G = тепловой поток почвы (МДжм⁻²сут⁻¹);

T = средняя температура воздуха (С);

u_2 = скорость ветра на высоте 2 м над землей (мс⁻¹);

e_s = давление насыщенного пара (кПа);

e_a = фактическое давление пара (кПа);

D = наклон насыщенного пара кривая давления (кПаС⁻¹);

γ = психрометрическая постоянная (кПаС).

Для перехода от эталонной эвапотранспирации к эвапотранспирации культур необходимо знать продолжительность основных фаз развития культур и коэффициенты культур. Фаза развития растений делится на четыре фазы, а именно начало вегетации, фаза развития, середина вегетации и конец вегетации. Для каждой фазы развития культур в зависимости от вида культуры принимаются продолжительность фаз культуры и коэффициент культуры (K_c). Скорректированная на местные условия эвапотранспирация культуры рассчитывается для каждой фазы путем умножения эталонной эвапотранспирации на коэффициент культуры. Затем рассчитывается эвапотранспирация на весь вегетационный период путем суммирования эвапотранспирации по расчетным фазам. С помощью метода парных коэффициентов, эвапотранспирацию культуры для оптимальных условий можно рассчитать отдельно, как испарение и транспирации

$$ET_c = ET_0 * (k_e + k_{sb}) \text{ или}$$

$$E = k_e * ET_0 \quad \text{и} \quad T = k_{sb} * ET_0$$

(10) При наличии того или иного стресс фактора, адаптированная к местным условиям эвапотранспирация культуры рассчитывается по формуле

$$ET_{cadj} = ET_0 * (k_e + k_s * k_{sb})$$

(11) Значения коэффициентов k_s , k_e и k_{sb} принимаются по данным FAO (FAO 56).

Все параметры в уравнении (9) могут быть рассчитаны в соответствии с Allen et al. (1998). К сожалению, для использования этого метода нужен большой набор суточных

данных, что не всегда доступно. Другим широко используемым методом является метод Hargreaves-Samani (HS).

Метод Hargreaves-Samani оценивает ETo , используя только максимальную и минимальную температуры, как представлено в уравнении 2 (Hargreaves и Samani, 1985):

$$ETo = Co * Ra * (Tmax - Tmin)^2 * (T + 17.8)$$

(12) Где Ra = внеатмосферное солнечное излучение, мм/сут и Co = параметр преобразования (=0.0023).

Внеатмосферное излучение Ra для каждого дня года и для разных широт можно оценить по солнечной постоянной, солнечному склонению и времени года:

$$Ra = \frac{24 * 60}{\pi} * Gsc * dr [ws * \sin(\varphi * \sin(\delta) + \cos(\varphi) * \cos(\delta) * \sin(ws)]$$

(13) Где Ra внеземное излучение [МДж м⁻² сут⁻¹], Gsc солнечная постоянная = 0.0820 МДж м⁻² мин⁻¹, dr обратное относительное расстояние Земля-Солнце, ws часовой угол захода солнца [рад], φ широта [рад], δ солнечное прореживание [рад].

Широта φ , выраженная в радианах, положительна для северного полушария и имеет отрицательное значение для южного полушария. Преобразование из десятичной градусов в радианы определяется как:

$$\varphi[Radians] = \frac{\pi}{180} * \varphi[decimal\ degrees]$$

(14) [Пример 1. Преобразовать 12°44N в десятичные градусы = 12+44/60 = 13.73

Пример 2. Преобразовать 22°54S в десятичные градусы = (-22) +(-54/60) = -22.90]

Обратное относительное расстояние Земля-Солнце, dr , и солнечное склонение, δ , определяются как:

$$dr = 1 + 0.0033 * \cos\left(\frac{2\pi}{365} * J\right)$$

$$\delta = 0.409 * \sin\left(\frac{2\pi}{365}J - 1.39\right)$$

(15), (16) Где J — номер дня в году между 1 (1 января) и 365 или 366 (31 декабря).

Примечание: если значение года делится на 4 то в году 366 дней, если нет 365. Например: в годы с 2000 по 2012 год, в 2000, 2004, 2008 и 2012 годах было 366 дней в остальные 365.

Часовой угол захода солнца, ω с, определяется по формуле:

$$\omega s = \arccos[-\tan(\varphi) * \tan(\delta)]$$

(17) Высокая взаимосвязь между эталонной эвапотранспирацией (ЕТо), рассчитанной методами Пенмана-Монтейта и Харгривса-Самани для разных мест в США показана в работе Noia Junior и др. (2019).

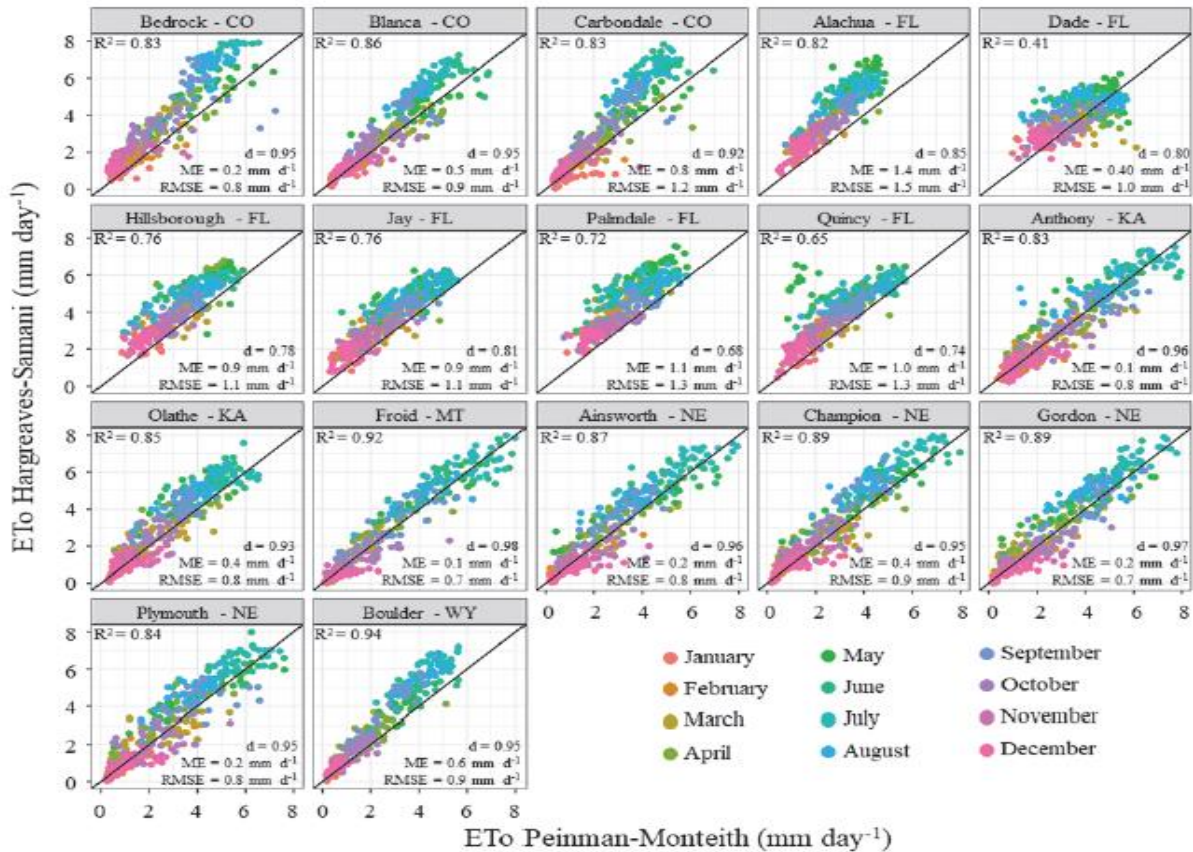


Рис. 9. Корреляция расчетов ЕТо по методу Пенман-Монтейта и Харгривс-Самани (Noia Junior и др., 2019)

Несмотря на высокое значение коэффициента корреляции для большинства изученных участков, на некоторых его значение опускается до 0.41–0.65 (Noia Junior и др., 2019). Поэтому HS метод требует калибровки C_o для каждого изучаемого местоположения. Калибровка параметров этого метода может быть выполнена путем минимизации ошибок ЕТо между калибруемым методом HS и методом FAO-PM, путем минимизации среднеквадратичного отклонения повышается его точность и достоверность. Эффективность методов для каждого местоположения определялась регрессионным анализом между исходным калибруемым методом HS и методом FAO-PM. Коэффициент корреляции (R^2) рассматривается как мера точности, а индекс согласия (d) (Willmott et al., 1985) используется как мера аккуратности. Кроме того, можно также использовать следующие статистические показатели: среднюю ошибку (ME) и среднеквадратичную ошибку (RMSE) (Wallach et al., 2006). Для получения интегральной оценки климатических переменных по RMSE, данные метода HS

подвергают анализу главных компонент (PCA). Метод PCA уменьшает размерность данных с большим количеством измеряемых переменных путем преобразования их в новый, значительно меньший набор переменных, называемый основными компонентами.

Данные стандартизируют, как представлено в следующем уравнении Noia Junior и др. (2019):

$$Xf = \frac{X - Xm}{Xsd}$$

(18) Где Xf = стандартизированные точки данных интересующей переменной, X = точки данных интересующей переменной, используемые в расчетах, Xm = среднее арифметическое интересующей переменной, и Xsd = стандартное отклонение интересующей переменной.

Эти исследования показали, что метод HS является наиболее приемлимым методом оценки ETo, когда доступны ограниченные климатические, включая температуру, что является обычной ситуацией на местном уровне во многих аридных регионах мира (Сентелхас и др., 2010). Точность метода HS значительно улучшается, если C_o калибруется локально, применительно к каждому случаю.

Если имеются данные за предыдущие годы и можно рассчитать сходимость между методами Пенмана-Монтейта и Харгривса-Самани, то на последующие годы можно пользоваться формулой Харгривса-Самани используя только данные по температуре воздуха.

Выводы

1. Потребление водных ресурсов в орошаемой земледелии необходимо оценивать по эвапотранспирации культур, используя методику ФАО (ФАО 56), при недостаточности данных методом Харгривса-Самани.
2. Перед использованием формулы Харгривса-Самани для конкретной оросительной системы, необходимо рассчитать сходимость между методами Пенмана-Монтейта и Харгривса-Самани по метеоданным за предыдущие годы, и затем на последующие годы можно пользоваться формулой Харгривса-Самани.

Практическое занятие:

Проводится в форме семинара, на котором магистранты должны представить и обсудить результаты рассчитанного заранее эвапотранспирации для серии ирригационных систем или бассейнов рек используя формулу Харгривса-Самани и метод ФАО (ФАО 56).

Вопросы, по которым оценивается освоение данного лекционного материала:

1. Назовите какие показатели рационального использования водных ресурсов Вы знаете?
2. Как рассчитывается продуктивность воды и продуктивность энергии?
3. Какой показатель характеризует влияние сельского хозяйства на окружающую среду?

4. В чём преимущество формулы Харгривса-Самани расчета эталонной эвапотранспирации по сравнению с формулой Пенман-Монтейта?
5. В чём основной недостаток формулы Харгривса-Самани расчета эталонной эвапотранспирации по сравнению с формулой Пенман-Монтейта?
6. Напишите формулу расчета ETo по Харгривса-Самани?
7. Как корректируются результаты расчета ETo по Харгривса-Самани к конкретным условиям.
8. Чем отличается оптимальная эвапотранспирация от скорректированной.
9. Какая эвапотранспирация зависит только от климатических условий.
10. Какая эвапотранспирация зависит от климатических условий, вида растений, фазы их развития и экологических условий среды.

Литература

1. ФАО. Эвапотранспирация культур. Труды ФАО 56. 1998.
2. Noia Junior R.D.S., Fraisse C., Cerbaro V.A., Guindin-Garcia N. Evaluation of the Hargreaves-Samani Method for Estimating Reference Evapotranspiration with Ground and Gridded Weather Data Sources. Applied Engineering in Agriculture. Vol. 35(5): 823–835. 2019.

2.3. ВОДОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ВОДЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Содержание

1. Физический и экономический дефицит воды
2. Водосбережение
3. Продуктивность воды
4. Категории водопользования

1. Физический и экономический дефицит воды

По прогнозам выполненным в 1995 г. Международным Институтом Управления Водными Ресурсами (ИВМИ) ожидается, что к 2025 г. 78% населения земли будет жить в условиях физического или экономического дефицита воды (Molden, Sahtivadivel, 1997). Различия физического и экономического дефицита воды заключается в следующем:

- Физический дефицит воды имеет место в регионах, где водных ресурсов недостаточно для удовлетворения потребности сельского хозяйства, промышленности и населения.
- Экономический дефицит воды имеет место в случаях, когда водные ресурсы не освоены и/или на перспективу для увеличения водообеспеченности на 25% нужны крупные инвестиции.

В обоих случаях потребность населения и экономики в водных ресурсах становится не обеспеченной. В этих условиях заблаговременное планирование и получение как

можно больше продукции на каплю водных ресурсов важно для предупреждения дефицита водных ресурсов. В 1995 г., прогнозы ИВМИ на 2025 г. показали, что при оптимистическом сценарии для обеспечения населения Земли продовольствием (при планомерном росте урожайности с-х культур и росте водопользования), площадь орошаемых земель должна возрасти на 29% по отношению к 1995 г. Освоение новых земель приведет к необходимости строительства новых водохранилищ и каналов и забора с их помощью из рек дополнительно 17% их стока (В регионе Центральной Азии не распределенных водных ресурсов просто нет). Наряду с этим для обеспечения населения в период 1995–2025 урожайность культур должна будет возрасти на 42% в среднем. Таким образом для обеспечения населения Земли к 2025 г. нужны дополнительные (29% по отношению к 1995 г.) площади земель, дополнительный водозабор (17% стока рек) и повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 42% (Molden, Sahtivadivel, 1997). Необходимо также отметить увеличение потребности в энергетических ресурсах для водного хозяйства, поскольку значительная часть орошаемых земель в мире имеет водоснабжение из подземных вод, а в ЦА регионе большие площади орошаются с помощью крупных насосных станций. Увеличится потребность в энергоресурсах в сельском хозяйстве для производства удобрений и химических средств борьбы с вредителями и болезнями.

Проблемы продовольствия приведут к значительным дополнительным нагрузкам на водные ресурсы и энергоресурсы, следствием чего ещё большие изменения можно предвидеть в экосистемах, их способности адаптироваться к новым условиям, где они будут иметь значительно меньше водных ресурсов и биологического пространства для их функционирования. К таким экосистемам в первую очередь следует отнести водоёмы-приемники стока рек, горные зоны, служащие в качестве естественных и искусственных хранилищ воды и энергии, и леса. Ущемление экосистем в ресурсном обеспечении изменит равновесие в атмосфере, приведет к дальнейшему накоплению парниковых газов и новому витку в изменении климата земли, и всё это может сопровождаться новыми социальными катаклизмами, такими как миграция населения из одних регионов в другие. Альтернативой такого развития является ресурсосбережение.

В следующем разделе речь пойдет о водосбережении.

2. Водосбережение

Очень часто водосбережение интерпретируется как эффект сокращения водозабора из природных источников или устройством антифильтрационных сооружений на оросительных каналах. В реальности эти меры могут привести, а могут и не привести к водосбережению. “Реальное водосбережение” (Keller и Keller, 1995) достигается путём

- *Сокращая бесполезное потребление воды, направление съэкономленных водных ресурсов из одного места в другое на полезное использование, или*
- *Процесс высвобождения водных ресурсов из мало полезного или бесполезного использования на использование, которое приносит большую выгоду.*

Например, сокращая дренажный сток в нижнее течение, где он причиняет негативное влияние на окружающую среду, направлять сэкономленную воду на полезные цели, например для питьевых нужд (Molden, Sahtivadivel, 1997).

Водосбережение – что это за процесс? Несмотря на простоту вопроса, трудно достичь реального водосбережения на практике. *Основным условием достижения водосбережения является такое осуществление мероприятий на одном участке системы или бассейна, например на уровне поле, канала или этих уровней вместе взятых, при котором эффект достигается на уровне бассейна реки,* что тем самым требует перераспределения высвобождаемой воды из одной системы (без сокращения целевой продукции) в другую, ниже по течению, на полезное использование (Рис. 1). В зависимости от глубины дефицита водных ресурсов, при наличии необеспеченных требований на воду, внедрение современных технологий орошения может быть недостаточным для сокращения водозабора и направлением части стока ниже по течению. Реальное водосбережение способствует получению большего количества продукции за счет используемых водных ресурсов, или увеличению продуктивности воды в сельском хозяйстве.

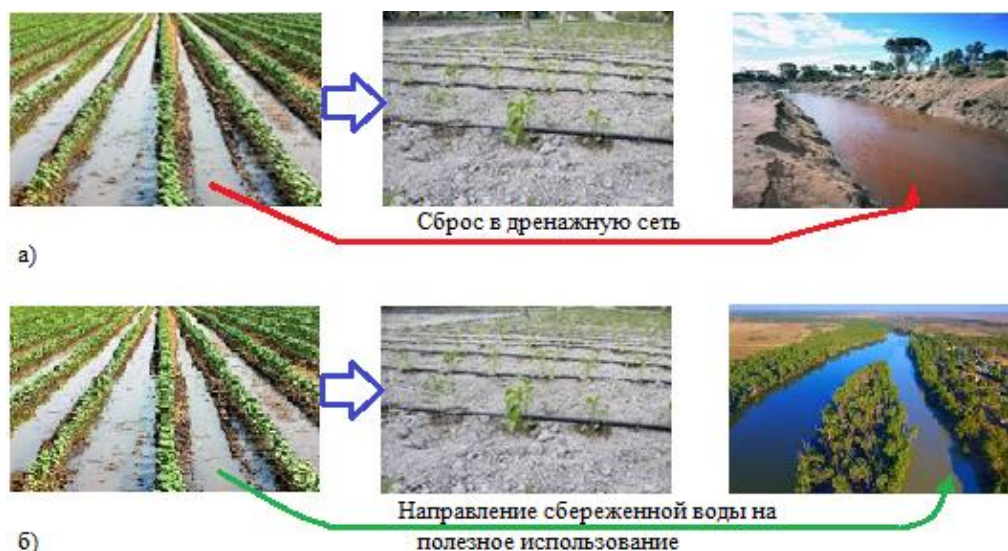


Рис. 1.а) Пример экономии воды на уровне поля, но отсутствия водосбережения на уровне систем или бассейна; **1.б)** внедрение водосберегающей технологии таким образом, что оно способствует экономии воды на уровне поле и сбережению воды на уровне бассейна.

3. Продуктивность воды

Продуктивность воды (WP) оценивается по величине потребляемой воды, а не водопользования. При выращивании сельскохозяйственных культур WP равна отношению урожайности с-х культур с 1 га на величину эвапотранспирации:

$$WP = Y / ET$$

где Y – урожайность (кг/га), ET – эвапотранспирация (м³/га)

В отдельных случаях можно оценить ориентировочно продуктивность оросительной воды по формуле

$$ПВ = (Y - Y_0) / M$$

где Y₀ – урожайность с-х культуры без орошения (кг/га), M – Оросительная норма

(м³/га).

Однако, оценка продуктивности оросительной воды может привести к грубым ошибкам как показано в Таблице 1. Для Багдадского района приведены только результаты расчета. Если сравнить оцененную продуктивность воды для Ташлакского района Ферганской области и Пахтаабадского района Андижанской области, можно сделать преждевременный вывод о том, что фермеры Ташлакского района более продуктивно используют оросительную воду, хотя всё дело в том, для Ташлакского района не учтена доля израсходованных грунтовых вод, внесших вклад в эвапотранспирации культуры.

Таблица 1. Продуктивность воды для хлопчатника. Рассчитана по данным приведенным для Ферганской долины (Мухамеджанов А., 2005).

Область	Район	Урожайность	Оросительная норма	Продуктивность воды
		кг/га	м ³ /га	кг/м ³
Ферганская	Багдадский			0.48
	Ташлакский	3500	2517	1.39
Андижанская	Пахтаободский	4600	8000	0.58

Пути повышения продуктивности воды на уровне бассейна:

- создание новых водохранилищ и распределительных каналов для своевременного обеспечения оросительной водой
- бережное использование располагаемых ресурсов и направление водных ресурсов на более полезные цели
- увеличение продуктивности воды на уровне поля и получение больше продукции за счет используемых водных ресурсов

Оценка водопользования и продуктивности. Метод основан на водном балансе, компоненты стока реки разделяются на категории водопользования. Продуктивное водопользование отнесено к отдельным видам водопользования. При этом изучаемые речные бассейны подразделяют на открытые и закрытые (Keller et al. 1996; Seckler 1996). В открытых системах даже на короткий период времени имеет место нераспределенный сток. Поэтому в этом случае имеются условия для исключения негативного влияния водопотребления в верхнем течении на нижнее течение или за счет излишних вод можно улучшить качество воды в реке. В открытых системах имеется больше возможностей на увеличение получения продукции чем в замкнутых системах. С увеличением потребности в воде системы из открытых переходят в ранг закрытых.

В закрытых системах все располагаемые водные ресурсы уже распределены. Увеличение водопотребления в одной части бассейна требует его сокращения в другой. Например, увеличение площади орошаемых земель в одной части бассейна увеличивает испарение в этой части бассейна, но это ведёт к сокращению водных ресурсов в другой, в основной в нижней части бассейна. В замкнутых системах, в низовьях реки загрязнения вод может быть большой проблемой. В замкнутых системах, цель может заключаться в оценке бесполезных и малопродуктивно водопользования и реализация программ водосбережения и направление сбереженных вод на

продуктивное водопользование. При анализе водопользование важно вести учет водопотребления.

4. Категории водопотребления

Водопотребление есть использование воды, в результате которого водные ресурсы становятся бесполезными для последующего использования. Водопотребление напрямую связано с продуктивностью воды. Важно осознать разницу между водопотреблением и водопользованием.

Водопотребление происходит при 4 процессах (Molden, Sahtivadivel, 1997):

- Испарение: при испарении воды растениями или с поверхности почвы
- При смешении воды с сильно минерализованными водами: сток воды в моря, смешении с солеными подземными водами, или стоке в другие места, когда повторное их использование потребует значительных финансовых средств
- Загрязнение: ухудшение качества воды, в результате которого она не удовлетворяет отдельным требованиям
- Становится частью продукции: например, в результате различных процессов она становится частью растений, хлеба или другой продукции.

Потребление в процессе есть потребление воды в процессе производства намеренной продукции, для которой были выделены водные ресурсы. Потребление вне процесса, когда вода выделяется на определенный процесс, но затрачивается на другие цели. Потребление вне процесса может быть полезным и бесполезным. Распределенная вода – это часть стока реки, выделенная на определенные цели, например на экологические цели в нижнем течении реки, или на другие цели в нижнем или верхнем течении реки.

Общие методы повышения продуктивности воды и водосбережения

Методы водосбережения:

- Сокращение негативного, бесполезного и низкопродуктивного расходования водных ресурсов
- Путем улучшения сооружений или строительства новых взятие на учет не учтённого стока реки
- Направлением сбереженной воды на полезные цели, например орошение, цели окружающей среды, или на нужды населения, можно повысить продуктивность воды

Методы повышения продуктивности воды

- Повышение доли затрат воды на намеренные процессы или другие полезные затраты
- Перераспределение воды на более высоко доходные цели
- Капельное орошение, применение мульчи, отдельные агротехнические мероприятия, покрытие поверхности почвы в течении всего года, ротация

культур, посев культур, выращивание которых сопряжено с меньшей величиной испарения

- Сокращение площади неиспользуемых земель, контроль сорняков или культур с низкой пользой

Категории использования водных ресурсов приведены на Рис. 2.

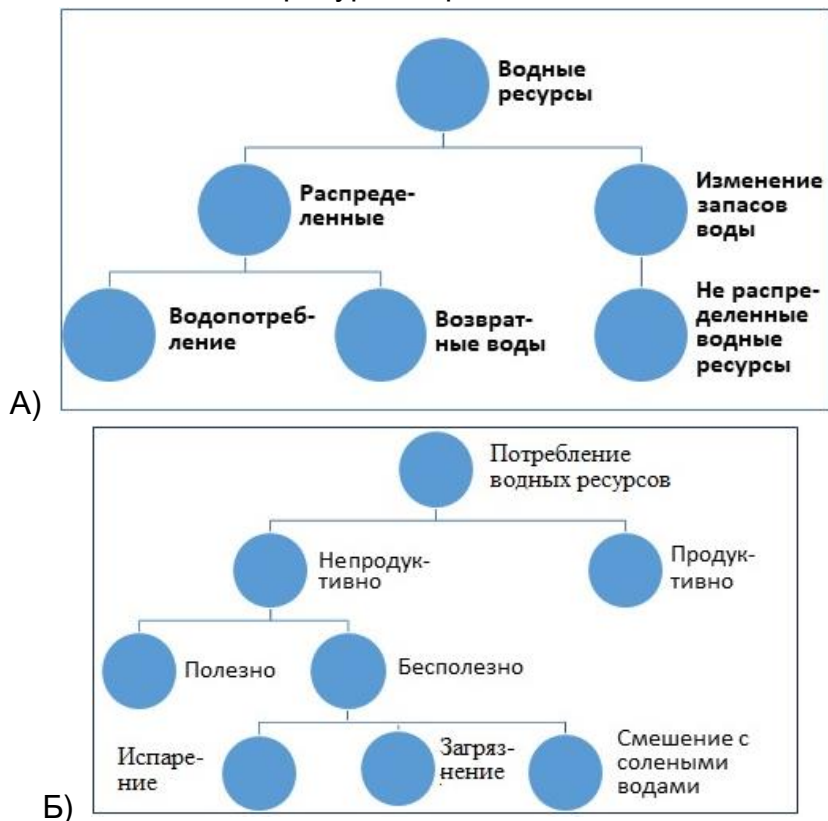


Рис. 2. Водопользование (а) и состав водопотребления (б) (Источник: Molden D., Sahtivadivel., 1997).

Пути сокращения бесполезного водопотребления:

- Капельное орошение, применение мульчи, отдельные агротехнические мероприятия, покрытие поверхности почвы в течении всего года, ротация культур, посев культур выращивание которых сопряжено с меньшей величиной испарения
- Сокращение площади неиспользуемых земель, контроль сорняков или культур с низкой пользой.

Пути сокращения бесполезных затрат:

- Сокращение невозстановляемых потерь на глубокую фильтрацию и поверхностный сток
- Сокращение минерализации возвратных вод — сокращение движения воды через засоленные почвы или смешение с сильно-минерализованными подземными водами
- Повторное использование возвратных вод на полях.

Методом повышения продуктивности воды в Ферганской долине может служить пример представленный на Рис. 3.



WP = 0.27 кг/м³

а)



WP = 0.63 кг/м³

б)



WP = 1.43–2.14 кг/м³

в)

Рис. 3. Изменение продуктивности оросительной воды (+ осадки) при переходе от полива из каналов (нижняя зона) (а) к орошению из грунтовых вод (б) и совершенствование агротехники возделывания винограда.

При орошении из каналов в концевой части систем поливы идут несвоевременно, в результате несоответствия сроков поливов требованиям культур, виноградные кусты часто находятся в угнетенном состоянии, в результате фермеры получают низкие урожаи винограда, 3–5 т/га, продуктивность воды составляет порядка 0.27 кг/м³ (Рис. 3а). В этих условиях переход на орошение грунтовыми водами позволяет повысить урожайность винограда за счёт своевременных поливов и сократить оросительные нормы, поскольку скважины находятся непосредственно на территории фермерского хозяйства. Продуктивность воды увеличивается с 0.27 кг/м³ до 0.63 кг/м³ (Рис. 3б). Улучшение агротехники возделывания культуры создаёт такую форму кустов и корней винограда, которая позволяет лучше использовать солнечную энергию, улучшает доступ к питательным элементам из почвы, к оросительной воде и удобрениям. Все это вместе с учетом богатого опыта фермеров Ферганской долины позволяет довести урожайность винограда до 20–21 т/га на легких почвах, созданных на галечниках. Продуктивность воды повышается в несколько раз с 0.63 кг/м³ до 1.43–2.14 кг/м³. При этом часто возникает дополнительная потребность в электроэнергии, что требует её учёта, производства и мер по энергосбережению, например перехода от дизельных насосов на электрические или на возобновляемые источники энергии.

Выводы

1. Водосбережение в орошаемом земледелии связано с сокращением непродуктивного водопотребления, поэтому необходимо наладить учёт водопотребления и его составляющих.
2. Водосбережение в большинстве случаев требует затрат электроэнергии, поэтому необходимо сочетать мероприятия по водосбережению и энергосбережению на всех уровнях, от уровня поля до бассейнов рек и единых энергосистем.

Практическое занятие:

Проводится в форме семинара, на котором магистранты должны представить и обсудить презентации их реферата по оценке продуктивности воды для различных

культур под данным из литературных источников или по данным, собранным в период работы над диссертационной работой.

Вопросы, по которым оценивается освоение данного лекционного материала:

1. Что понимается под физическим и экономическим дефицитом воды?
2. Что понимается под реальным водосбережением?
3. Что понимается под водопотреблением?
4. Какие категории водопотребления Вы знаете?
5. Какие речные бассейны называются открытыми?
6. Какие речные бассейны называются закрытыми?
7. Для каких речных бассейнов характерна проблема ухудшения качества речной воды?
8. Какие категории водопотребления составляют потенциал водосбережения?
9. Потребление каких ресурсов сокращается, а каких увеличивается с переходом на капельное орошение?
10. Что необходимо чтобы внедрение капельного орошения привело к водосбережению?

Литература

1. Molden D., Sahtivadivel. 1997. Water Accounting. IWMI Research Report

2.4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТОК

Содержание

- Экологический сток - определение
- Оценка экологического стока

Экологический сток - определение

Термин «экологический сток» часто интерпретируют как часть стока реки, выделяемой окружающей среде в счет доли использования населения и экономического развития, и рассматриваемой как растрачиваемая впустую, поскольку воде позволено течь в моря. Реальность такова, что экологические стоки важны, они формируются не за счет потребностей населения, а для обеспечения как прямых, так и косвенных выгод, на которые могут полагаться нынешнее и будущие поколения.

С экологическим стоком связано осознание того, что имеется физическая граница, за которой сокращение естественного стока, поверхностного или подземного, может привести к невозможному ущербу функциям экосистем. Экологический сток — это режим стока необходимый для поддержания услуг водных экосистем. Учет экологического стока является основным элементом хорошей практики в планировании водных ресурсов.

Хорошим примером является оценка экологического стока по водному закону Мексики (SWP, 2018). По водному закону Мексики, 100% среднегодовой сток реки, установленный Национальной Водной Комиссией, должен быть распределен для использования (Рис. 1). За прошедший период это правило привело к чрезмерному

распределению водных ресурсов и периодам дефицита, поскольку сток рек был крайне изменчив. В то время как Мексика одна из немногих стран мира, где экологический сток определен в Национальном Водном Законе как правовой водопользователь, процесс определения и обезопасивания экологического стока отсутствовал.

В природных условиях величина стока реки является нераспределенным. Водопользователи могут просить на использование все 100% среднегодового стока реки. Когда водные ресурсы распределены, оставшаяся часть остаётся на нужды экосистем. Если водные ресурсы на нужды экосистем заранее не определены, дефицит водных ресурсов наступает значительно ранее использования населением 100% стока реки. В этом примере, при 60% распределения воды между водопользователями, река высыхает через 13 лет (Рис. 2).

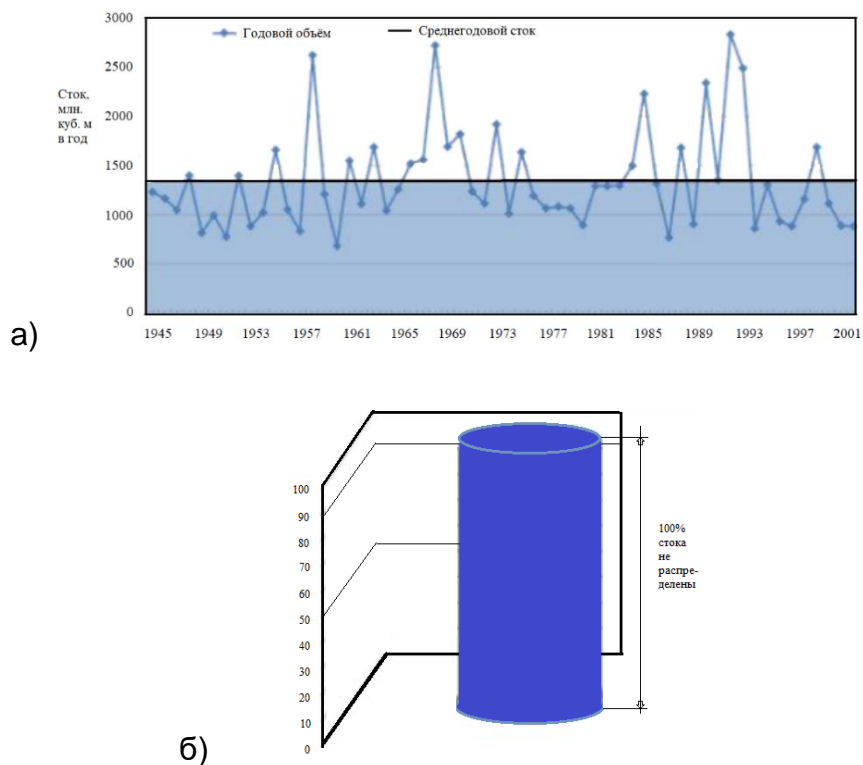
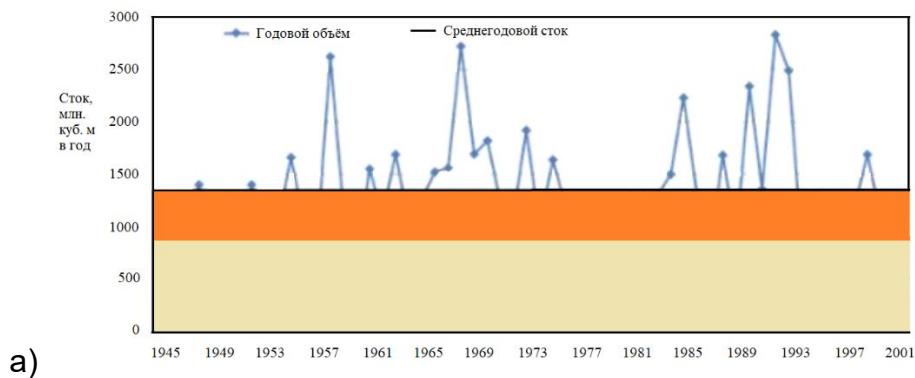


Рис. 1. Сток реки в Мексике в природных условиях. Сток реки не распределен на водопользование населения (SWP, 2018).



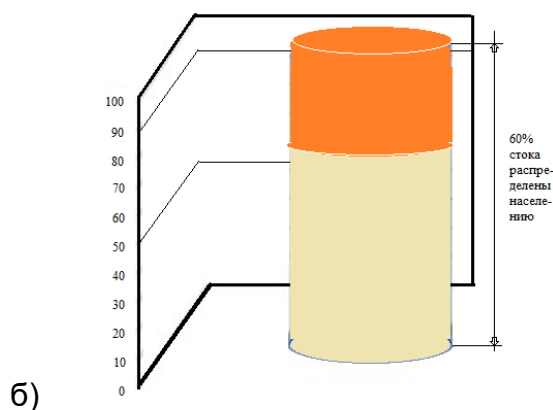


Рис. 2. Распределение водных ресурсов на нужды экосистем по остаточному принципу. Сначала сток реки распределен на нужды водопользователей.

Программа сохранения экологической воды распределила часть стока и обезопасила экологические нужды, тем самым определив лимит водопользования. Переход от рассмотрения экологического стока как остаточного, после удовлетворения всех требований, к заблаговременному выделению экологического стока обезопасил сток как для экосистем, так и населения (Рис. 3).

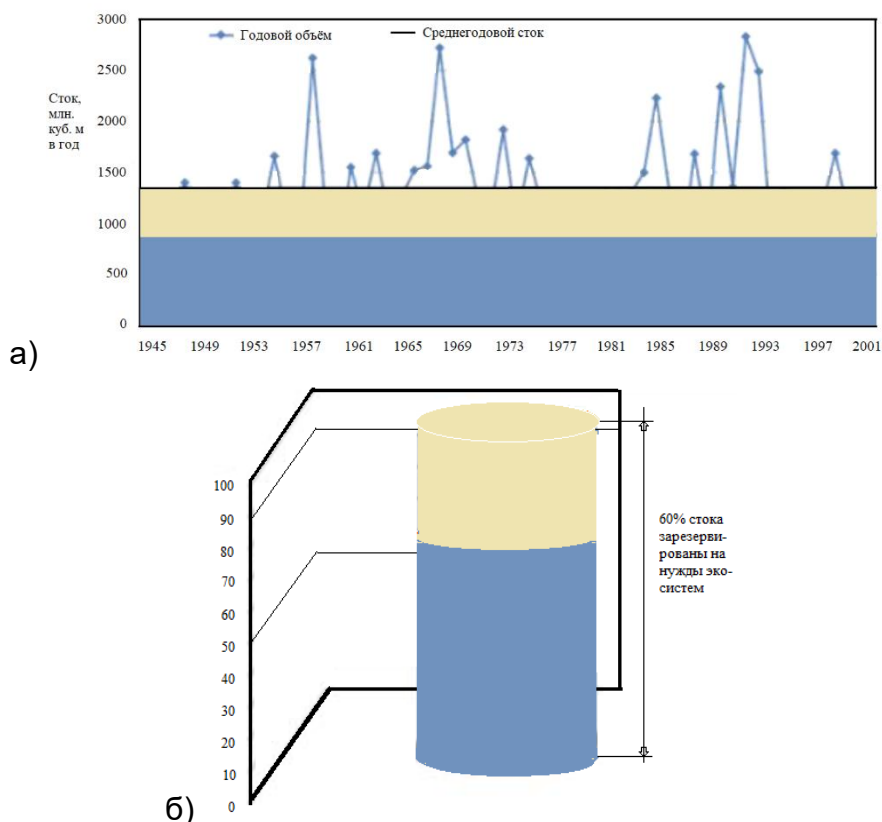


Рис. 3. Экологический сток обезопасен путём заблаговременного резервирования части стока для нужд экосистем.

Экологический сток — это “качество, количество, и время стока воды, требуемые для поддержания компонентов, функций, процессов, и устойчивости водных экосистем, которые обеспечивают услуги и продукты для людей” (Nature Conservancy 2006). Основная идея экологического стока поддержать количество,

качество и продолжительность стока достаточным, для поддержания речной и прибрежных экосистем в хорошем состоянии. Рассмотрим изменчивость природного стока на примере 4 рек Испании.

A) Река Cabriel. B) Река Eo. C) Река Esera. D) Река Algeciras.

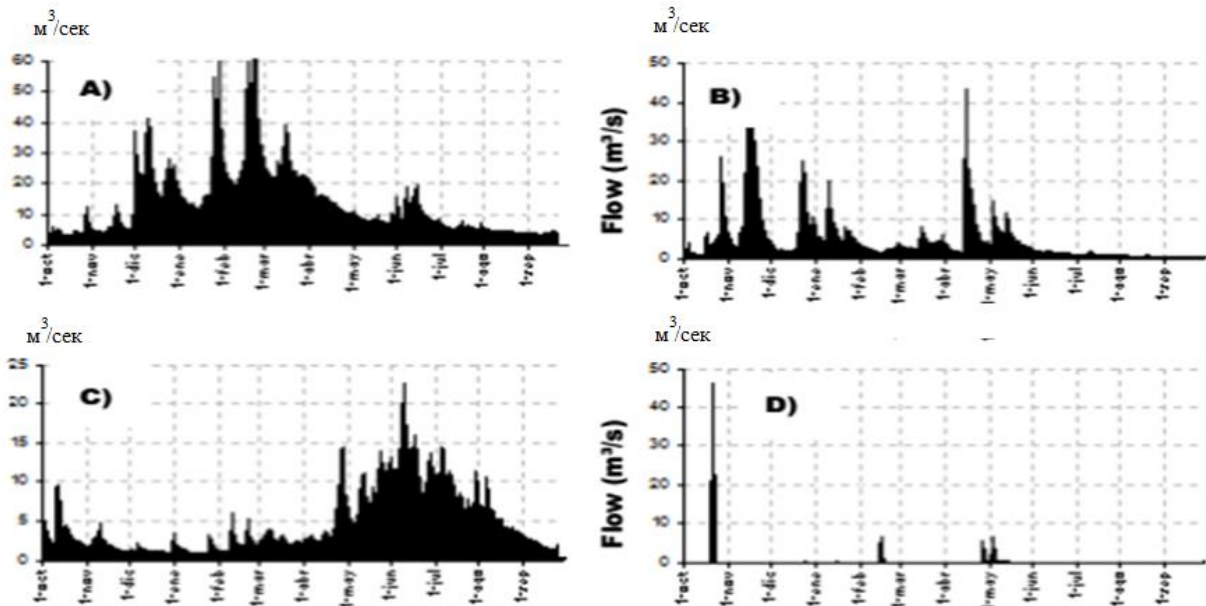


Рис. 3. Гидрограф природного стока Испании: A) Река Cabriel, B) Река Eo, C) Река Esera, D) Algeciras river.

Гидрограф стока состоит из малого стока в течение сухих месяцев, малых пиков, когда идет дождь, и высоких наводнений на не зарегулированных реках. Это компоненты стока.

Оценка экологического стока

Оценка экологического стока есть процесс, используемый для выявления и определения функций экосистем, поддерживаемых различными компонентами стока в речной системе или системе подземных вод. Оценка экологического стока используется для определения зависимости различных экосистем или организмов (рыбы, беспозвоночные, растительность) от различных компонентов стока рек и их чувствительности к изменениям этих компонентов. Эти знания важны, когда принимаются решения о распределении различных частей режима стока для различных водопользований.

Последовательность оценки экологического стока (ОЭС):

Шаг 1: ОЭС — это научно-технический процесс, который связывает режимы и уровни стока с элементами экосистемы.

Шаг 2: распределение воды между нуждами окружающей среды и нуждами потребителей — это общественное решение, которое принимается в рамках много-секториальной системы решений.

Необходимость поддержания экологического рек отражена в международных договорах:

- Конвенция Организации Объединенных Наций о праве несудоходных видов использования международных водотоков;
- Охрана и использование трансграничных водотоков и международных озер.

Международный союз охраны природы (МСОП) публикует полный список международных договоров и соглашений, касающихся управления водными ресурсами и экологическими стоками (Scanlon, Cassar, and Nemes 2004).

Методы оценки экологического стока делятся на четыре отдельные группы:

- 1) гидрологического индекса (Hydrological index methods);
 - 2) гидравлического рейтинга (hydraulic rating methods);
 - 3) методы моделирования среды обитания (habitat simulation methods);
 - 4) целостные методологии (holistic methodologies);
- (см., например, Arthington and Zalucki 1998).

Nature Conservancy на своем сайте имеет для свободного пользования программное обеспечение *“Индикаторы гидрологических изменений” (Indicators of Hydrologic Alteration, IHA)*. Программное обеспечение предназначено для понимания гидрологических изменений в экологически значимых терминах. Программное обеспечение IHA:

- использует для своих расчетов ежедневные данные
- результаты статистических анализов на основе программы IHA будут иметь смысл только в том случае, если она рассчитана для достаточно длинных гидрологических наблюдений
- период наблюдений, необходимый для получения надежных сравнений до и после воздействия (с минимальным влиянием климатических колебаний) составляет не менее двадцати лет ежедневных наблюдений для каждого периода до и после воздействия, а также для анализа тенденций.

Результаты расчетов имеют вид, представленный на Рис. 4.

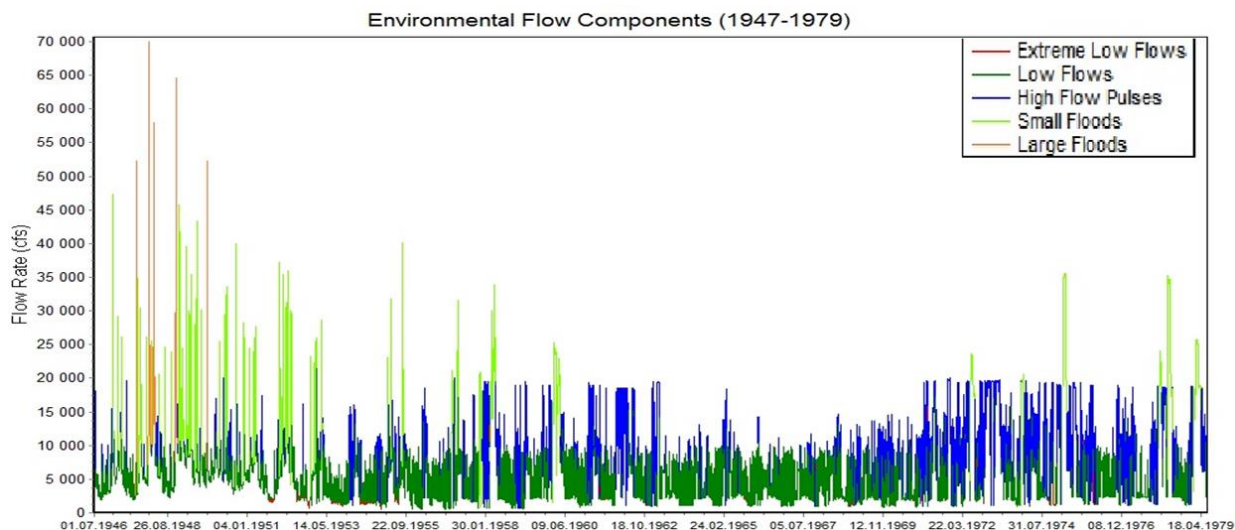


Рис. 4. Компоненты экологического стока, рассчитанные на модели IHA

Компоненты стока включают экстремально малые стоки, малые стоки, пульсацию большого стока, малые паводки, большие паводки.

Оценка экологического стока: процесс Savannah

Это методика была опробована впервые для реки Savannah. Последовательность оценки экологического стока состоит из повторяющихся циклов, каждый из которых состоит из нескольких шагов:

- Шаг 1: Ориентационная встреча
- Шаг 2: Обзор литературы – составление сводного отчета
- Шаг 3: Рецепт по стоку
- Шаг 4: Реализация рецепта по стоку
- Шаг 5: Сбор данных и исследования

Затем цикл повторяется начиная со второго шага. Хронология восстановления экологического стока реки Саваннах с марта 2004 г. По июнь 2007 представлена на Рис. 5. Это методика опробована для различных по водности лет: засухи (красный цвет на Рис.5), сухого (светло красный), среднего (зеленый) и влажного (синий). В сухой период 2004 году, из водохранилища осуществляется один попуск стока расходом $0.45\text{ м}^3/\text{сек}$ и затем велось наблюдение как этот сток повлиял на экосистему в нижнем течении реки. В декабре этого же года прошла первая встреча которая обсудила полученные результаты. В среднем по водности 2005г. Опять из водохранилища были сделаны два попуска расходом $0.45\text{ м}^3/\text{сек}$, с последующим мониторингом состояния экосистемы.

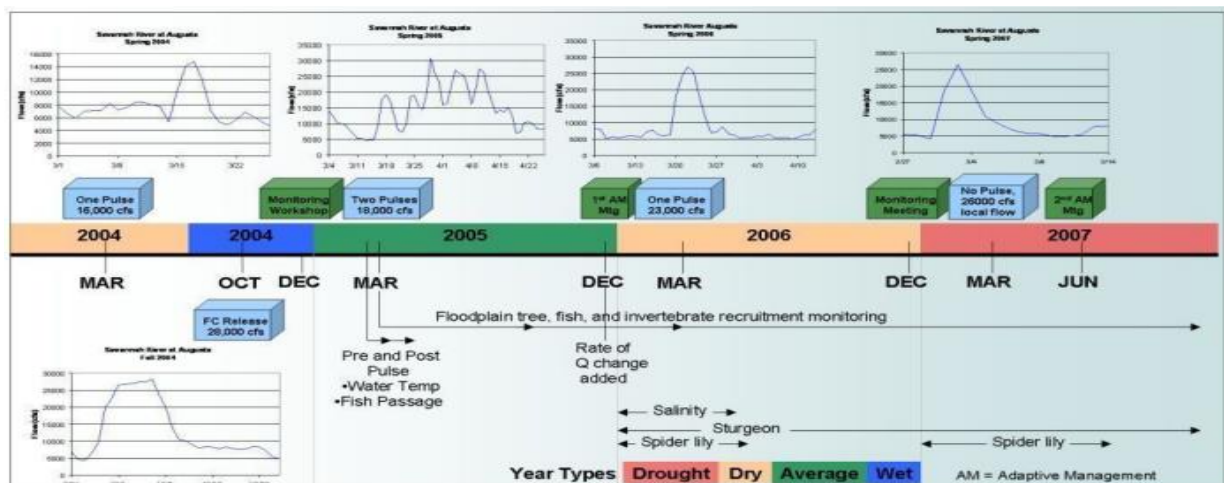


Рис. 5. Последовательность оценки и уточнения экологического стока реки Саваннах.

К концу года в декабре прошла ежегодная встреча. В сухом 2006г. В марте из водохранилища был произведен один попуск расходом $0.65\text{ м}^3/\text{сек}$. Полученные в ходе мониторинга данные о экосистемных услугах были проанализированы в ходе ежегодной встречи. В год засухи в 2007 г. В марте был произведен попуск расходом $0.74\text{ м}^3/\text{сек}$ и летом этого же года прошла встреча по анализу состояния экосистемы.

В периоды после попусков изучались температура и уровень минерализации, пропуски рыб, количество и видовой состав, насекомые и состояние почвы и растительности в пределах поймы реки. Участвовавшие на совещаниях научные и

полевые эксперты определяли указанные параметры для трех участков обитания реки (мелководье, пойма, дельта) и обитающих рыб. Для оценки экотологического стока используется простая зависимость экосистемных услуг от стока реки.



Рис. 6. Зависимость между величиной забора стока реки (доли) и долей сохраненных рыб.

Из Рис. 6. Видно, что для сохранения 90% количества рыб, необходимо сохранить 55% стока реки. Однако для согласования экологического стока с заинтересованными сторонами недостаточно иметь зависимость только для одного параметра и поэтому мониторинг охватывает как можно больше видов экосистемных услуг (Рис.7.). На Рис. 7 представлен процесс преобразования классов условий (слева) в критерии экологического стока как степень допустимого отклонения стока от исходного уровня (справа) для двух компонентов стока (высокий и низкий сток) для гипотетического типа реки.

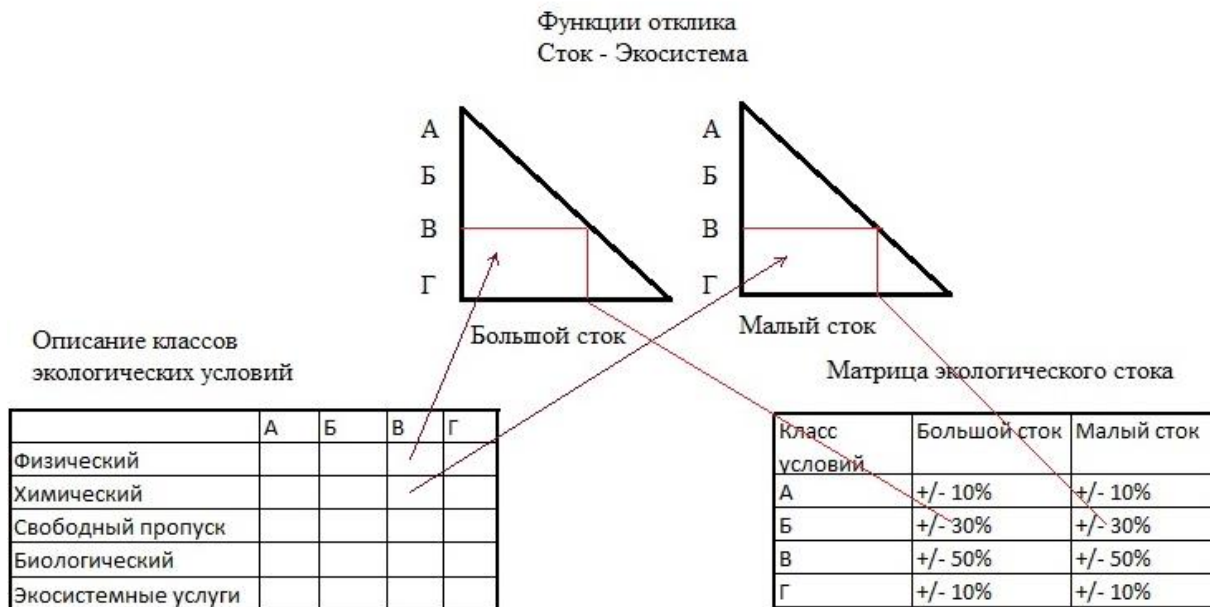


Рис. 7. Процесс преобразования классов условий (слева) в критерии экологического стока

Оценка связи гидрологического режима и экологического отклика без учета морфологических условий может привести со временем к значительным ущербам экосистемным услугам (Рис. 8).



Рис. 8. Учёт морфологических условий при оценке связи гидрологического режима и экологического отклика.

Прямая связь потоков с экологическим откликом может игнорировать важность геоморфологических процессов. На сегодня это наблюдается в некоторых ирригационных системах, где пропуск всего стока рек через русловые и наливные водохранилища ведёт к их ускоренному заилению и сокращению полезной емкости (рис. 9.а)

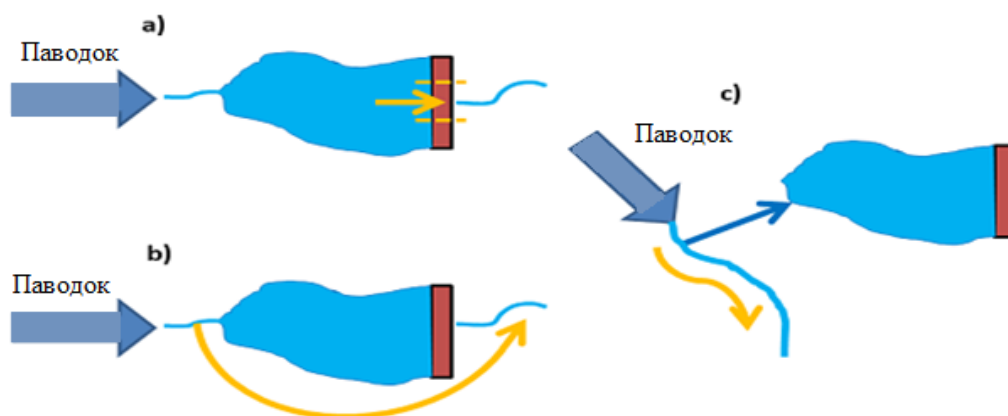


Рис. 9. Управление перемещением взвешенных наносов в период высокой воды.

Высокие концентрации взвешенных наносов отмечаются в период высокой воды и поэтому пропуск стока в этот период ведёт к заилению водохранилища, и постепенному сокращению как полезной ёмкости водохранилища, так и выработки электроэнергии. Вместо этого, сброс стока высокой воды в нижний бьеф водохранилища по обводному каналу позволяет избежать заилнения, сокращения выработки электроэнергии и направить взвешенные вещества с водой на орошаемые поля, где они внесут вклад в сохранение плодородия почв и повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Выводы

Изменение климата и усиление антропогенной нагрузки на водные экосистемы указывает на острую необходимость оценки экологического стока для всех рек Центральной Азии с целью сохранения экосистемных услуг для настоящих и будущих поколений.

Практическое занятие:

Проводится в форме семинара, на котором магистранты должны представить и

обсудить презентации их реферата по оценке экологического стока на примере одного из речных бассейнов.

Вопросы, по которым оценивается освоение данного лекционного материала

1. Что понимается под экологическим стоком.
2. Что понимается под оценкой экологического стока.
3. Какие методы оценки экологического стока Вам известны
4. На какие категории делится сток рек.
5. Какие особенности оценки экологического стока имеет метод, использованный на реке Саваннах.
6. Как влияет учёт экологического стока на работу русловых водохранилищ
7. Как влияет учёт экологического стока на водные экосистемы. Приведите примеры.
8. Какие выгоды можно иметь от попусков по руслу высокой воды
9. Какие выгоды можно иметь от попусков по руслу минимальных стоков.
10. Чем отличаются санитарные попуски от экологического стока.

Литература

1. Ward J.M. and Meadows A.W. 2009. Adaptive management of environmental flow restoration in the savannah river. <https://conservationgateway.org/documents/ward%20and%20meadows.pdf>
2. Richter B.D., Warner A.T., Meyer J.L., Kim L. 2006. A collaborative and adaptive process for developing environmental flow recommendations. river res. applic. 22: 297–318 (2006). <https://www.santafewatershed.org/wp-content/uploads/2011/12/A-Collaborative-and-Adaptive-Process-for-Developing-Environmental-Flow-Recommendations.pdf>
3. SWP. Environmental flows technical guidance manual. 2018. 31 p.
4. Bussetini M., Linsen M., Petitguyot T., Schmidt G. 2015. Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive. Technical Report - 2015 – 086. <https://www.researchgate.net/publication/271769108>.

2.5. ПРАВИЛА РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ С УЧЁТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА

Аннотация

Правила применяемая для регулирования водохранилищ одноцелевого и многоцелевого назначения в настоящее время не удовлетворяют требованиям для обеспечения даже минимального экологического стока. Поэтому в данном разделе раскрываются подходы для пересмотра правил эксплуатации водохранилищ/плотин в целях обеспечения экологического стока.

Введение

Данный раздел состоит из двух частей. В первой части рассматриваются правила регулирования одноцелевых и многоцелевых водохранилищ. Целевые объёмы или уровни воды в одноцелевых водохранилищах определяются с помощью кривой правил.

Правила регулирования для многоцелевых водохранилищ зависят как от требований водопользователей, а также различаются для систем последовательных и параллельных водохранилищ (IIASA, 1982). Но эти правила не способствуют решению некрус-проблем ВЭПЭ, имеющих место между различными водопользователями на зарегулированных реках.

Вторая часть раздела рассматривает принципы пересмотра этих правил с учётом обеспечения экологического стока. Невозможность поддержания минимального экологического стока является основным недостатком современных правил эксплуатации плотин, что приводит к постепенному изменению естественного стока. Изменение естественного стока рек сопровождается изменением их русла, местообитания и водных видов живых организмов. В этих условиях ключом к защите экосистем является сведение к минимуму степени изменения режима стока. Цель данного раздела раскрыть подход к пересмотру правил эксплуатации водохранилищ/плотин для обеспечения экологического стока.

Данный раздел состоит из двух частей. В первой части рассматриваются правила регулирования одноцелевых и многоцелевых водохранилищ. Целевые объёмы или уровни воды в одноцелевых водохранилищах определяются с помощью кривой правил. Правила регулирования для многоцелевых водохранилищ зависят как от требований водопользователей, а также различаются для систем последовательных и параллельных водохранилищ (IIASA, 1982). Но эти правила не способствуют решению некрус-проблем ВЭПЭ, имеющих место между различными водопользователями на зарегулированных реках.

Вторая часть раздела рассматривает принципы пересмотра этих правил с учётом обеспечения экологического стока. Невозможность поддержания минимального экологического стока является основным недостатком современных правил эксплуатации плотин, что приводит к постепенному изменению естественного стока. Изменение естественного стока рек сопровождается изменением их русла, местообитания и водных видов живых организмов. В этих условиях ключом к защите экосистем является сведение к минимуму степени изменения режима стока. Цель данного раздела раскрыть подход к пересмотру правил эксплуатации водохранилищ/плотин для обеспечения экологического стока.

1. Правила регулирования системы водохранилищ

Большинство водохозяйственных систем, имеющих несколько водохранилищ обслуживают множество водопользователей с взаимодополняющими или противоречивыми потребностями к воде (IIASA, 1982). Цели этих водопользователей могут включать в себя:

- а) Водоснабжение коммунально-бытовых нужд, промышленности и сельского хозяйства;
- б) Улучшение качества воды – выпуск воды из вышележащего водохранилища для улучшения качества ниже по течению;
- в) Борьба с наводнениями - резервирование части ёмкости для хранения паводков в периоды возможных наводнений, и максимальное использование ёмкости каналов

ниже по течению в периоды высокой воды для снижения возможного ущерба от наводнений;

г) Выработка гидроэлектроэнергии за счет действующих водохранилищ, и минимизация непродуктивных потерь воды для удовлетворения потребности в электроэнергии;

д) Судоходство - обеспечение достаточной глубины воды в судоходных каналах и запасов воды в шлюзах;

е) Рекреации – поддержание соответствующего уровня воды в водохранилище и ограничение колебания уровня;

ё) Увеличение рыбо-продуктивности водоёмов путем поддержания нужного уровня воды или речного стока в критические периоды года.

Процедура регулирования водохранилищ включает поддержание целевых уровней накопления и пускa, и/или водозаборов ниже по течению. Реализация этой функции предусматривает предварительное определение целевых уровней воды в водохранилище, режима накопления и сброски, и рекомендации по регулированию, когда эти целевые условия невозможно поддержать. Целевые объёмы или уровни воды в водохранилище определяются с помощью “кривой правил” (IIASA, 1982). Когда условия не позволяют достичь целей, правила регулирования составляются с учётом возможной комбинации состояния системы и гидрологических условий.

Вместе, кривая правил и правила работы системы определяют желаемые объёмы накопления и сброса воды из водохранилищ. Целевые объёмы или уровни воды в эксплуатируемых водохранилищах обычно меняются в течение года, но не меняются в многолетнем разрезе, а пуски из водохранилищ являются функцией времени года и гидрологических условий выше по течению. Эти функции или кривая правил применяются только к тем водохранилищам, которые находятся в стационарном состоянии. Цель регулирования состоит в том, чтобы распределить отклонения от целевых условий так, чтобы это соответствовало правилам и сводило к минимуму потери для водопользователей.

Приведённые выше правила регулирования направлены на определение целевых уровней и объёмов воды в каждом водохранилище, и не дают такой возможности для условий если поддержание таких уровней/объёмов становится невозможным. В следующем разделе приведены основные правила регулирования, используемые на практике.

Правила регулирования. Прежде чем рассматривать различные типы правил регулирования для системы многоцелевых водохранилищ, в этом разделе рассмотрены одноцелевые водохранилища. Рис. 1 иллюстрирует типичное правило кривых.

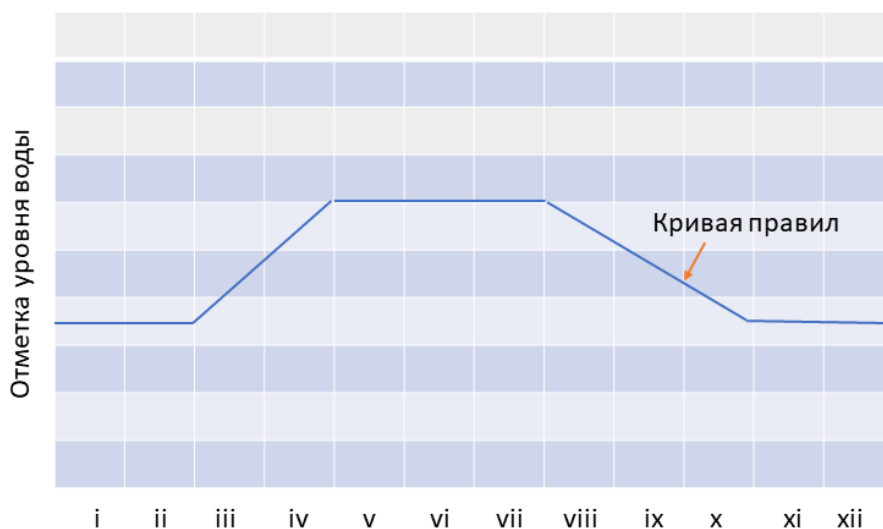


Рис. 1. Кривая правил, определяющая объёмы и уровни воды в водохранилище по месяцам (IIASA, 1982).

Рассмотрим цель — обеспечение надежности источника воды с помощью систем одноцелевых водохранилищ. Эти системы обычно эксплуатируются агентствами водоснабжения. Для таких систем, с целью минимизации потерь разработаны различные правила регулирования, выраженные в показателях скорости сброса воды с плотин. Эта политика различается в зависимости от того, расположены ли водохранилища параллельно или последовательно, как показано на рисунке 2. Для водохранилищ водоснабжения специального назначения обычно принимаются следующие простые правила эксплуатации:

1. Последовательные водохранилища (Рис. 2а). В таких системах водохранилища ниже по течению срабатываются до использования воды из расположенного выше по течению для удовлетворения потребностей ниже по течению. На рисунке 2а это будет означать, что водохранилище выше по течению (R1) не будет срабатывать для отвода воды в отводы 2 и 3 до тех пор, пока ёмкость водохранилища ниже по течению (R2) не опустеет. Эта процедура обеспечивает максимальное использование доступной ёмкости и отсутствие ненужных сбросов из нижнего водохранилища.

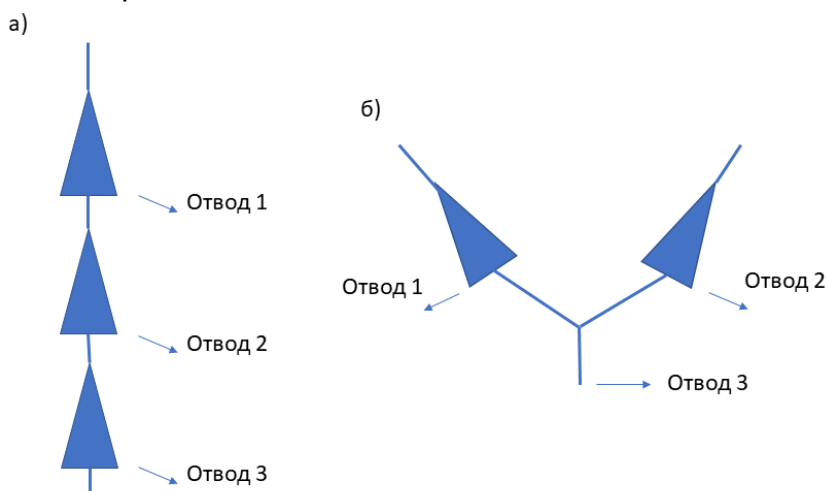


Рис. 2. Водохранилища: а) последовательные; б) параллельные (IIASA, 1982).

2. Параллельные водохранилища (Рис. 2б). Обычно используются две процедуры. Первая предполагает сброс воды сначала из водоема с относительно большой площадью водосбора, или большим потенциальным притоком на единицу ёмкости водохранилища. На рисунке 2б сравниваются соотношения площади дренажа к ёмкости водохранилища для двух параллельных водохранилищ.

Водохранилище с большим соотношением используется для подачи в отвод 3 до того, как будет использовано другое. Эта процедура действительна только тогда, когда сток на единицу площади практически одинаков на водосборе каждого водохранилища. Сброс воды сначала из резервуара, имеющего наибольшее соотношение площади дренажа к объёму водохранилища, обычно приводит к разумному сохранению воды. Вторая, более точная процедура включает в себя последовательное заполнение каждого резервуара таким образом, чтобы уравнивать вероятность заполнения каждого резервуара. Эта процедура требует мониторинга объёмов накопления и оценки будущих притоков. Такая политика сводит к минимуму ожидаемые потери воды.

Для многоцелевых водохранилищ или одноцелевых водоемов, связанных с рекреацией или гидроэнергетикой, правила регулирования и соответствующие кривая правил обычно определяют желаемые объёмы накопления и сброса для любого времени года как функцию существующих объёмов хранения, времени года, спроса на воду или гидроэнергию и, в большинстве случаев, ожидаемого притока. Такие правила регулирования включают один или несколько из четырех общих компонентов (IIASA, 1982):

- Целевые уровни или объёмы воды в водохранилище. Эти правила эксплуатации ограничиваются указанием желаемых объёмов или уровней воды для каждого водохранилища. Ожидается, что операторы водохранилищ будут поддерживать эти уровни как можно ближе к целевым, одновременно пытаясь удовлетворить различные потребности в воде ниже по течению. Если уровень воды в водохранилище превышает целевые или желаемые уровни, попуски увеличивается. И наоборот, если уровни ниже целевых уровней, попуски уменьшаются. Темпы сброса могут быть указаны или не указаны, но будут частично зависеть от любых требований к максимальному или минимальному расходу, а также от ожидаемого притока.

Желаемые уровни воды в водохранилище могут быть основаны на компромиссе между интересами рекреационных целей, рыбной ловли и экосистем, контроля наводнений, гидроэнергетики и водоснабжения. Они чаще всего основаны на анализе исторической информации, иногда дополняемой результатами моделирования. Имея эти целевые объёмы или уровни для каждого водохранилища, оператор водоема имеет значительную гибкость в повседневной эксплуатации в отношении соответствующего компромисса между объёмами хранения и отклонениями от целевых условий, а также при принятии решения о том, из каких водохранилищ следует отбирать воду для удовлетворения потребностей ниже по течению. Регулирование водохранилища, которая определяется только кривыми правил, указывающими целевые уровни или объёмы накопления воды, требует опытных операторов с навыками и знаниями в том,

как минимизировать отклонения от целевых уровней и объёма воды, в тоже время удовлетворить потребности в воде ниже по течению.

Правила множественного зонирования. Правило множественного зонирования подразумевает включение не только целевых уровней воды в водохранилище, но и различные зоны хранения в зонах расположения.

Например, можно рассмотреть следующие пять зон (IIASA, 1982):

- (а) Зона сбережения – зона водохранилища, из которой удовлетворяются различные потребности в воде. Уровень воды в этой зоне в целом достаточен для рекреационных и экологических нужд. Целевой объём или уровень накопления обычно находится внутри этой зоны;
- (б) Зона борьбы с паводками – резерв для хранения притока в периоды аномально высокого стока. Когда объёмы воды в водохранилище находятся в пределах этой зоны, потоки в нижнее течение временно увеличиваются, с целью сработки излишков воды в водохранилище;
- (с) Зона разлива водохранилища, расположенная над зоной контроля наводнений, связана с фактическим ущербом от наводнения. Сбросы из водохранилища обычно достигают максимума или близки к нему, когда объём накопленной воды находится в этой зоне;
- (d) Буферная зона – водоём под зоной сбережения, доступ к которой осуществляется только в аномально засушливые периоды. Когда объём накопленной воды находится в этой зоне, нисходящие потоки временно уменьшаются для удовлетворения только основных потребностей;
- (е) Неактивная зона – “мертвый” объём под буферной зоной, забор из которого возможен только в крайне засушливых условиях.

На рис. 3 представлены указанные зоны, которые могут меняться в течение года. Зона контроля наводнений находится выше кривой Б. Если уровень воды находится в зоне контроля наводнений, правило может предусматривать максимально возможный попуск, если уровень водохранилища находится выше кривой А, и максимальный сброс возможен без причинения ущерба от затопления, если уровень находится между кривой А и кривой Б. Поверхность воды должна находиться на уровне или ниже кривой Б, когда это возможно, в целях контроля наводнений. Если потребность в ёмкостях для контроля наводнений меняется в течение года, то выделяемая ёмкость для этой цели также должна изменяться.

Аналогичным образом, зоны водохранилища могут указывать урезку или сокращение распределения воды для водопользователей с низким приоритетом, когда объём воды в водохранилище падает ниже определенного уровня. Кривая С на рис. 3 показывает уровень воды, ниже которого возможно распределение воды только для водопользователей с высоким приоритетом.

Если уровень воды окажется ниже кривой Д на рис. 3 требуются дополнительные ограничения. Рис. 4 иллюстрирует комбинацию зон и кривой правил уровней, которые могут определять режим регулирования каждого водохранилища в системе с несколькими водохранилищами.

Такой режим регулирования обеспечивает некоторую гибкость при эксплуатации множества водохранилищ. Для содействия операторам систем водохранилищ, необходимо построение аналогичных кривых, определяющих различные зоны сработки. Эти правила для систем водохранилищ вместе с правилами для отдельных водохранилищ предлагают дополнительные рекомендации для тех, кто отвечает за эксплуатацию систем водохранилищ.

Дополнительным подспорьем при эксплуатации системы водохранилищ является выделение нескольких подзон внутри сберегающей зоны. Объём воды внутри этих подзон может меняться по важности с течением времени. Основная цель подзон — поддержание баланса воды в системе водохранилищ. Использование концепции зонирования для эксплуатации водохранилищ, позволяет поддерживать объёмы воды в одной и той же зоне или подзоне во всех водохранилищах на максимально возможном уровне.

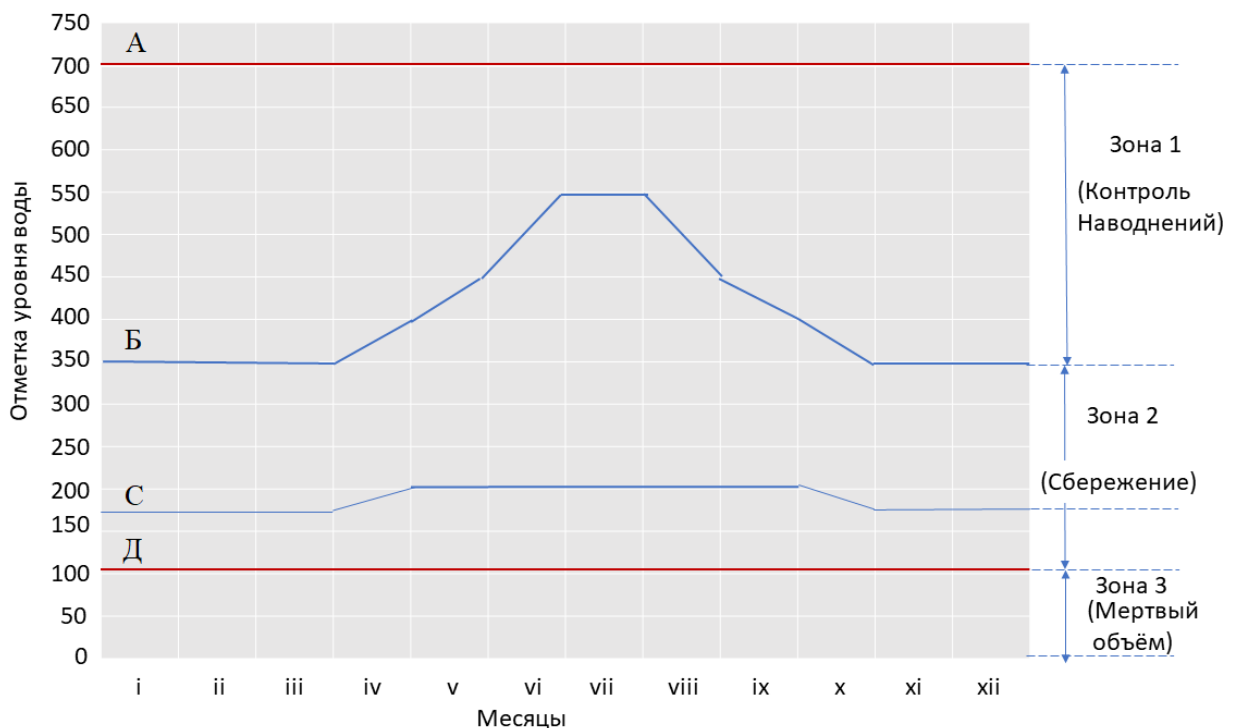


Рис. 3. Пример сезонно-изменяющейся границы запасов воды для многоцелевого водохранилища (IIASA, 1982).

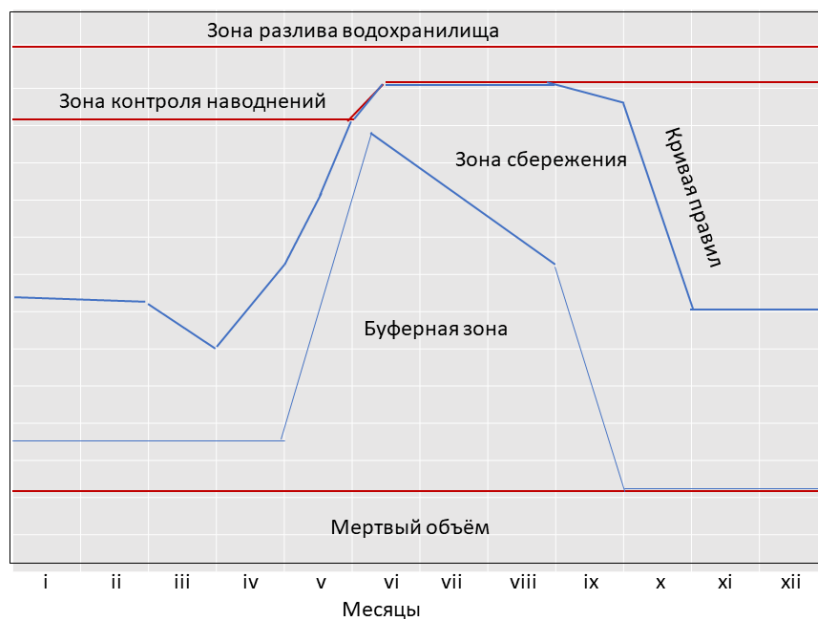


Рис. 4. Зоны и кривая правил для типичного водохранилища (IIASA, 1982).

Существуют три основные концепции такого балансирования объема воды в водохранилищах (IIASA, 1982). Первая концепция основана на сохранении объема воды во всех водохранилищах в одном и том же зональном положении, т. е. на уровне, на котором процент заполнения зоны одинаков для всех водоемов. Иногда это называют правилом “равных функций”. Вторая концепция основана на ранжировании водохранилищ или концепции приоритета. Весь объем полезной воды в водохранилище с самым низким приоритетом используется полностью перед началом сработки следующего водохранилища следующего по рейтингу и так далее.

Третья концепция основана на правиле “запаздывания водохранилища” (IIASA, 1982). Это правило часто используется для обеспечения легкодоступного запаса воды на случай необходимости корректировки баланса между водохранилищами после неожиданного или экстремального гидрологического явления. Отбор из зон одних водохранилищ начинается раньше начала отбора из тех же зон других водохранилищ. После сброса определенного объема из исходной группы водохранилищ сброс производится из всех водоемов, сохраняя процентную разницу доступного объема зоны.

Правила регулирования, которые определяются зонами водохранилищ и соответствующими нормами сбросов, и процедурами балансирования, являются гораздо более предписывающей, чем политика, определяемая только правилами кривых. При использовании только кривая правил, операторы имеют значительную свободу действий, но требуется больше анализа при работе с системой водохранилищ. Исследования оперативного планирования направлены на сокращение этой широты путем определения более предписывающей политики, которая повысит вероятность того, что система будет работать максимально оптимально.

Диапазон стока. Этот компонент правил регулирования обеспечивает более строгую связь между уровнями воды в водохранилище и расходами в руслах. Сброс и/или забор воды из водохранилища зависит от того, в какой подзоне или зоне находится объем

воды. Когда объём воды может упасть из сберегающей зоны в буферную зону, вместо возможного значительного сокращения сброса из водохранилища, определяется последовательность меньших сокращений, в результате чего объём воды постепенно падает последовательно в нижнюю подзону.

Условная кривая правил. В некоторых случаях условные правила были определены для систем с несколькими водохранилищами. Это правило определяет сбросы из водохранилищ не только как функцию существующих объёмов и времени года, но и как функцию ожидаемого естественного притока в водохранилище на некоторый заранее заданный период времени в будущем. Эти правила могут быть описаны как функции, в табличной форме или в виде диаграммы (IIASA, 1982).

В дополнение к четырём общим компонентам правил регулирования и их модификациям, которые приведены выше, также используются модели, разработанные для принятия решений по каждому попуску из систем водохранилищ.

2. Пересмотр принципов эксплуатации плотин

Выделение стока рек на экологические попуски есть сдвиг в управлении водными ресурсами от деятельности, ориентированной исключительно на человека, к той, которая признает, что определенное «количество, время и качество стока и уровней пресной воды необходимы для поддержания водных экосистем, которые, в свою очередь, поддерживают культуру, экономику, устойчивые средства к существованию и благополучие населения» (The Brisbane Declaration and Global Action Agenda on Environmental Flows (2018)). Реализация экологического стока заключается не только в поддержании минимальных попусков и паводков, но и в накоплении водных ресурсов для удовлетворения требований к стоку сезона засухи. Такие резервы в засушливый сезон особенно важны для рек высыхающих в определенные периоды года, а также для рек с резким различием стока рек по сезонам (Costigan и соавторы, 2017; Асуña и соавторы, 2020; Papadaki и соавторы, 2020; Sharma и Dutta, 2020).

Выделяют три подхода к выделению экологического стока путем пересмотра эксплуатации плотин (Warner и соавторы, 2014). Первый, адаптивное управление, при котором попуски потока тестируются, контролируются и постоянно модифицируются для достижения желаемых экологических целей. Второй, в режим эксплуатации плотин вносятся радикальные долгосрочные изменения на основе имеющихся знаний. Третий, эпизодическое внедрение, при котором экологический сток структурно не включается в эксплуатацию плотин, а вместо этого предоставляется, когда возникают гидрологические «возможности», такие как наводнения или засухи, которые требуют или допускают изменения в работе плотин. Изменения в эксплуатации существующих плотин важны и потому, что после перерыва во вводе эксплуатации плотин с начала 2000-х годов, имеет место строительство новых плотин, особенно в развивающихся странах (Yankson и соавторы, 2018; Ahlers, 2020). Целью пересмотра эксплуатации плотин является удовлетворение потребностей водных экосистем нижнего течения. Несмотря на то, что цель является очевидной, это сложная задача, поскольку реакция водных экосистем и экосистемных услуг на изменения режима стока имеет и пространственный, и временной характер, с естественными запаздываниями, а также зависит от местоположения (Efstratiadis и соавторы, 2014; Thompson и соавторы, 2018).

Многочисленные заинтересованные стороны в речных бассейнах, имеющие собственные, часто конкурирующие, требования к режиму стока, могут не соглашаться с изменением текущих правил эксплуатации плотин (Hurford и Harou, 2014; Fanaian и соавторы, 2015; Hurford и соавторы, 2020). Поэтому, при пересмотре эксплуатации плотин, важно найти компромиссы, на которые готовы пойти заинтересованные стороны и местные сообщества. Эти компромиссы не ограничиваются, компенсационными или институциональными механизмами, а должны рассматривать экономические и социальные выгоды. Отсюда, интеграция экологического стока в теорию и практику эксплуатации плотин связана с извлечением уроков из предыдущих попыток внедрения экологического стока, которые не увенчались успехом, и анализом взаимосвязей различных компромиссов и правил эксплуатации плотин для реализации экологических стоков (Reilly и Adamowski, 2014; Horne, Webb и соавторы, 2017; Arthington и соавторы, 2018).

Примером реализации экологического стока является попуск из плотины определенного импульса высокого стока и определенного минимального стока в гидрологический год. Это становится важным для плотин, которые изначально были спроектированы и/или эксплуатировались в основном для традиционных целей, таких как производство гидроэлектроэнергии, защита от наводнений и ирригация. Таким образом, пересмотр эксплуатации плотин определяется как изменение политики эксплуатации плотин для удовлетворения потребностей водных экосистем нижнего течения.

Часто имеет место точка зрения, что внедрение экологических стоков, безусловно, будет противоречить существующим целям эксплуатации плотин. Это утверждение опровергается целым рядом примером. Так, выделение экологического стока на плотине Green River в Кентукки, США, способствовало сохранению традиционных целей защиты от наводнений, и, кроме того, качество воды, рекреации и хранению для водоснабжения были улучшены (Warner et al., 2014). А выделение попусков на реке Spöl в Швейцарии не привела к потерям в выработке электроэнергии (Robinson и соавторы, 2004; Scheurer, 2014). Экологические стоки могут требовать небольшую часть стока рек. Так, на плотине Diama в бассейне реки Senegal, искусственные паводки для затопления парка Dialing требовали лишь 1% стока, регулярно сбрасываемого в средние годы, а паводки нового засушливого сезона использовали только 10 % попусков засушливого сезона из плотины (Duvail и Hamerlynck, 2003). В то же время экологические стоки могут быть ограничены из-за необходимости соблюдения правила “не причинение вреда существующим водопользователям”, что имеет место на р. Колорадо (Pitt и Kendy, 2017).

Известно, что строительство и эксплуатация плотин изменяют гидрологию рек и ухудшают речные экосистемы. В последние десятилетия призыв обратить вспять эти негативные последствия путем пересмотра эксплуатации плотин усилился. Плотины могут поддерживать речные экосистемы, высвобождая экологические попуски. К сожалению, несмотря на разработку многочисленных методологий для определения экологических стоков и оптимизации попусков с плотин, они редко использовались на практике. Интеграция требований к экологическому стоку при проектировании новых плотин относительно проще, чем изменение работы существующих плотин; однако пересмотр эксплуатации существующих плотин необходим для восстановления

экосистем и экосистемных услуг, на которые уже повлияло их строительство и эксплуатация.

В литературе приводятся 69 случаев успешного пересмотра эксплуатации плотин (Рис. 5а), начиная от хорошо задокументированного случая плотины Glen Canyon в Соединенных Штатах и заканчивая менее известными случаями, такими как плотина Катсе в Лесото. Пересмотр эксплуатации плотины Glen Canyon на реке Колорадо является наиболее задокументированной программой, по которой приводятся случаи пересмотра эксплуатации плотин начиная с 1983 года (Rood и соавторы, 2003; рис. 5б).

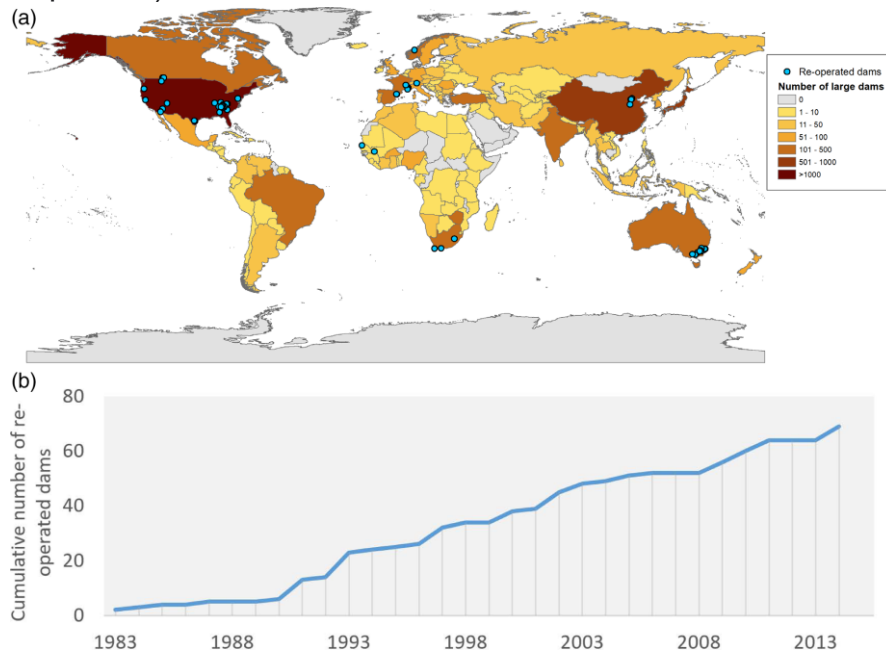


Рис. 5. (а). Расположение плотин с пересмотренными режимами эксплуатации ($n = 69$). Затенение на уровне страны представляет количество крупных плотин ($\geq 0,1 \text{ км}^3$). (б)

Совокупное количество повторно эксплуатируемых плотин с течением времени.

На реке Spöl, где искусственные наводнения были включены в режим эксплуатации плотины Ova Spin, вначале имели место исследования по определению причин ухудшения условий в низовьях реки, затем эксперименты со стоком в 2000-2001 годы, и затем эксплуатация плотины была адаптирована (Scheurer и Molinari, 2003; Robinson и соавторы, 2004). В случае с попусками в дельту р. Колорадо, эксплуатационники и ученые имели два года для подачи предложения по экологическим попускам, после чего гидрограф реки с попусками нельзя было менять (Pitt и Kendy, 2017). Эти демонстрационные исследования показали, как постепенно адаптировать режим эксплуатации плотин и обеспечить экологические попуски для улучшения экологических условий в низовьях рек.

Другим аспектом при пересмотре правил эксплуатации плотин, является законодательство, которое закладывает основу для экологических попусков. В основе большинства реализованных случаев лежит местное или бассейновое законодательство, что связано с тем, что в этом случае управление водными

ресурсами и правила эксплуатации плотин разрабатываются с учетом местных интересов и, следовательно, их легче реализовать. Согласование крупномасштабных решений и директив, содержащиеся в международном законодательстве, например в Водной рамочной директиве Европы, с местными интересами в эксплуатации плотин значительно сложнее (Acreman и Ferguson, 2010). Однако и здесь имеются положительные примеры. Так, Федеральная комиссия по регулированию энергетики (FERC), США изменила статус плотины Seli's Ksanka Qlipse' на реке Flathead со статуса следования нагрузке и пиковой мощности на статус базовой нагрузки, и тем самым создала пространство для обеспечения экологических стоков (Barfoot и соавторы, 2018). Важно также исключить дублирование международных, национальных и местных законодательств, что может привести к противоположным шагам по эксплуатации плотин.

Пример. Гидрологические изменения в результате эксплуатации водохранилища в целях гидроэнергетики в бассейне р. Myitnge, Мьянма

Данный пример основан на статье Hlaing и соавторов (2019). Сезонная изменчивость сток рек и ручьев и содержащихся в них наносов и питательных веществ контролирует состояния пресноводной экосистемы. Освоение водных ресурсов, путём создания плотин, дамб или заграждений дельт в целях борьбы с наводнениями, выработки электроэнергии, орошения, водоснабжения или судоходства, изменяют естественный режим стока, его качества, количества, температуру воды, взвешенных и питательных веществ, и пойменной среды. Преграждение течения реки ведёт к потере продольной связности верхнего и нижнего течения, и происходит потеря паводка, что сокращает взаимозависимость между рекой и поймой. Эти гидрологические изменения увеличивают нагрузку на речную систему, приводят к потере экосистемных услуг, сокращают пресноводное биоразнообразие, следствием чего является потеря целостности экосистем.

В бассейне Myitnge сток реки зарегулирован в целях выработки электроэнергии. С увеличением спроса на электроэнергию разрабатываются планы строительства новых водохранилищ, в результате чего гидрологические изменения становятся критическими. Водоохранилище Yeupa заполняется в сезон дождей, а срабатывается в засушливый сезон, когда естественный приток низкий. Наличие переменного спроса на электроэнергию ведёт к сильной вариации стока, что существенно меняет количество, скорость, температуру воды и вызывает колебания уровня в нижнем бьефе водохранилища, и усиливает тем самым давление на водные организмы. При дальнейшем увеличении спроса на электроэнергию усиливается желание накопления большего количества воды. Но в условиях управления водными ресурсами в целях гидроэнергетики становится важным сохранение экосистемы нижнего течения реки, а это в свою очередь требует оценки: 1) изменений режима стока реки из-за эксплуатации водохранилища, и; 2) влияния гидрологических изменений на состояние экосистем в нижнем течении реки. Отсюда, задачи обеспечения водой выработку электроэнергии на гидроэлектростанциях и сохранение экосистем в низовьях реки должны решаться одновременно. Эта задача может быть решена с использованием экспериментальных пусков с водохранилищ для контроля экосистемных изменений в нижнем течении, а

также с использованием моделей как для оценки гидрологических изменений, так и оценки, и прогнозирования реакции экосистем на попуски воды.

Бассейн реки Myitnge, расположенный в центре Мьянмы, имеет континентальный климат и характеризуется двумя сезонами: сезоном дождей с июня по октябрь и сухим сезоном с ноября по май. Среднегодовое количество осадков составляет около 1400 мм. Река является левобережным притоком реки Ayeyarwady и берёт своё начало с горы Loi Swang на высоте 1460 м на северном плато Shan. Затем река течёт с северо-востока на юго-запад и впадает в реку Ayeyarwady в 15 км к юго-западу от города Mandalay. Её длина составляет около 530 км, площадь речного бассейна 34800 км². Электростанция Yeуwa, расположенная в 80 км выше по течению от места слияния с рекой Ayeyarwady, эксплуатируемая с 2010 г. имеет установленную мощность 790 МВт (4x179.5 МВт), а проектная выработка электроэнергии составляет 3550 ГВтч в год. Среднегодовой приток к водохранилищу составляет в среднем 15.2 км³ в год, полная и полезная ёмкости 2.6 км³ и 1.6 км³, соответственно. Максимальный уровень воды в водохранилище достигает 185 м над уровнем моря и площадь водной поверхности при максимальном уровне воды 59 км². Цель данного примера ограничена описанием анализа влияния эксплуатации плотины Yeуwa на изменение режима стока реки ниже одноименного водохранилища.

Изменения режима стока реки Myitnge ниже по течению от плотины Yeуwa рассматривались после 2010 года, после введения в эксплуатацию плотины гидроэлектростанции. Для анализа гидрологических изменений, использованы данные о стоке до плотины за период 1981–2009 гг. и сток ниже плотины за 2011–2018 гг. Эксплуатация водохранилища привела к повышению уровня воды в меженный период и понижению уровня в период половодья, за исключением сентября. Изменение стока реки ниже плотины была максимальной в июле, в то время как в декабре изменения были незначительны (Рис. 6).

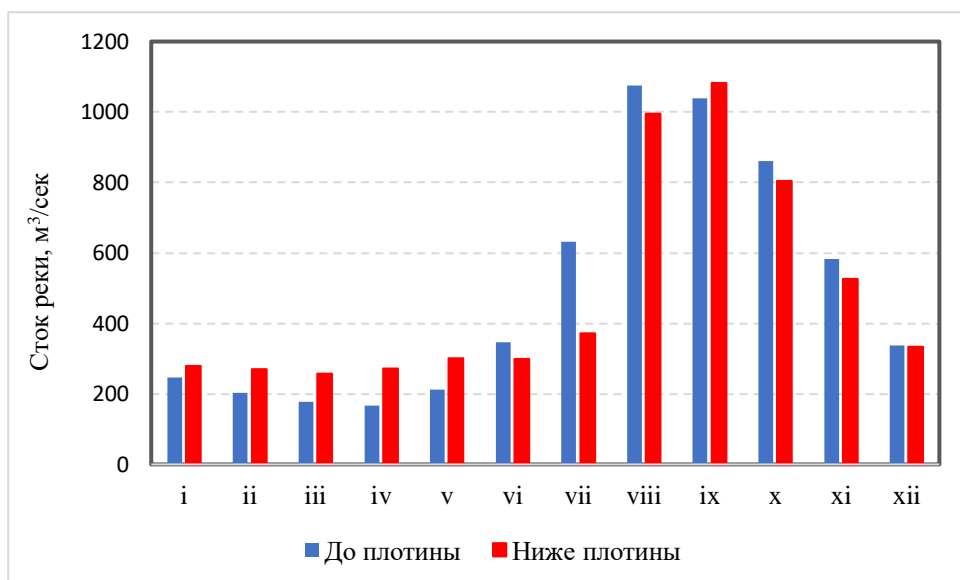


Рис. 6. Среднемесячный сток р. Myitnge выше и ниже водохранилища Yeуwa (Hlaing и соавторы, 2019).

Определение гидрологических изменений. Hlaing и соавторы, 2019 использовали метод RVA, который представляет собой набор индикаторов гидрологических изменений (ИНА), для анализа изменений между периодами до и после строительства водохранилища. Степень гидрологических изменений после строительства плотины по отношению к пред-плотинному определялась по 33 показателям гидрологических изменений (Таблица 9) (Richter и соавторы, 1998). Управления стоком предусматривает определение ограниченной (верхней) и нижней границы каждого гидрологического показателя на основе естественного гидрологического временного ряда. Этот диапазон изменений, определенный по 25- и 75- процентному превышению естественно-исторического расхода стока рекомендован как цель управления (Richter и соавторы, 1998).

Степень гидрологического изменения «D», то есть отклонение режима стока после строительства плотины от режима до плотины, определялась количественно по следующему уравнению:

$$D_i = \left[\frac{(N_o - N_e)}{N_e} \right] * 100 \quad (1)$$

Где D_i – степень гидрологического изменения (%) для i -го индикатора, N_o и N_e – наблюдаемое и ожидаемое количество лет после строительства плотины, для которых значения параметра находятся в пределах целевого диапазона RVA (Richter и соавторы, 1998). Индикатор среднего/однократного изменения (D) для различных параметров определен Hlaing и соавторами (2019) с использованием уравнения 2 (Richter и соавторы, 1998):

$$D = \left[\frac{1}{m} \sum_{n=1}^m D_i^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

На основе индикатора степени гидрологических изменений определяют уровень модификации стока, который делится на пять уровней:

- незначительный – $D < 20\%$;
- низкий – $20\% < D < 40\%$;
- средний – $40\% < D < 60\%$;
- сильный – $60\% < D < 80\%$;
- серьезный – $D > 80\%$.

Таблица 9. Показатели параметров гидрологических изменений (Richter и соавторы, 1998)

Статическая группа ИНА	Характеристики режима	Гидрологические параметры
Группа 1: Величина расхода воды по месяцам	Величина времени	Среднее значение на каждый календарный месяц
Группа 2: Величина и продолжительность	Величина продолжительности	Годовой минимум за 1 сутки Годовой максимум за 1 сутки

годовых экстремальных водных условий		Годовой минимум за 3 сутки Годовой максимум за 3 сутки Годовой минимум за 7 суток Годовой максимум за 7 суток Годовой минимум за 30 суток Годовой максимум за 30 суток Годовой минимум за 90 суток Годовой максимум за 90 суток Количество дней с нулевым стоком Индекс базисного стока = 7-дневный минимальный сток/среднегодовой сток
Группа 3: Время годовых экстремальных водных условий	Время	Дата годового максимального 1-суточного стока по Юлиановскому календарю Дата годового минимального 1-суточного стока по Юлиановскому календарю
Группа 4: Частота и продолжительность высоких и низких пульсов	Величина частоты продолжительности	Количество малых пульсов в пределах каждого года Средняя продолжительность малых пульсов (дней) Количество высоких пульсов в пределах каждого года Средняя продолжительность высоких пульсов (дней)
Группа 5: Норма и частота изменений водных условий	Частота нормы изменений	Скорость подъёма Скорость падения Количество гидрологических поворотов

Правила эксплуатации водохранилища. Модель HEC-ResSim, использованная Hlaing и соавторами (2019) для моделирования эксплуатации гидроэлектростанции на плотине Уеува разработана Центром гидрологической инженерии Инженерного корпуса армии США. В модели определены три уровня, такие как защита от наводнений, полный объём и мертвый объём. По умолчанию, полный объём (красная линия) является верхней границей зоны аккумуляции стока, а мертвый объём служит уровнем минимальной воды. Модель пытается контролировать уровень резервуара в соответствии с направляющей кривой, подчиняясь правилам эксплуатации и ограничениям, определенным в каждой зоне. В моделировании эксплуатации водохранилища учитывается приток нетто за вычетом объёма воды, использованного на выработку электроэнергии, потерь на фильтрации и испарение из водохранилища. Кривая правил для водохранилища Уеува показана на рис. 7.

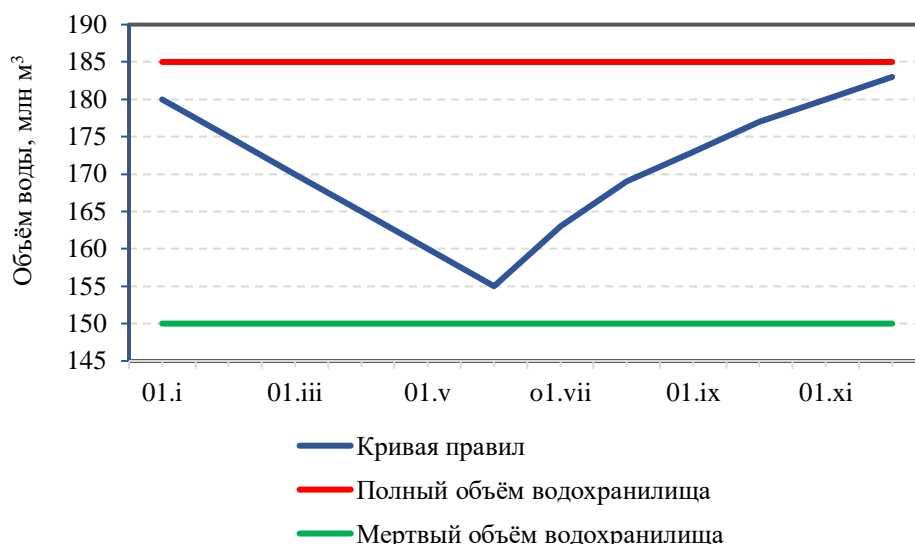


Рис. 7. Кривая сработки и накопления стока в водохранилище Yeouwa.

Далее ведётся анализ изменений с помощью моделирования оттока при существующих правилах эксплуатации водохранилища и при учёте экологического стока.

Сценарий существующих правил эксплуатации водохранилища. В существующем состоянии электростанция Yeouwa подключена к национальной энергосистеме и эксплуатируется для удовлетворения спроса на электроэнергию в регионе. Прибрежный попуск определяется как минимум в $100 \text{ м}^3/\text{сек}$. Результатом анализа базового варианта является количество выработанной электроэнергии.

Сценарий учёта минимального экологического стока. Анализ эксплуатации водохранилища был выполнен для выработки электроэнергии с учетом экологического стока. Отток ниже плотины не должен быть менее минимального экологического стока. Для оценки минимального требования к экологическому стоку по ежемесячным базовым показателям был использован метод Тессмана.

Оценка экологического стока. Экологический сток относится к воде для здоровой экосистемы и вносит решающий вклад в здоровье рек, экономическое развитие и борьбу с бедностью. Экологический сток является одним из инструментов управления негативным влиянием гидроэлектростанций на экосистемы. Для оценки экологического стока имеется множество методов, каждый из которых имеет свои сильные и слабые стороны и требует различный объём информации. Tharme and Smakhtin (2003) выделяют четыре категории методов: гидрологические, гидравлические, моделирование среды обитания и целостные методы. В данной работе, Hlaing и соавторы (2019), на начальном этапе определения экологического стока реки Мютнге используют один из гидрологических методов, а именно метод Тессмана. Использование метода Тессмана для рекомендации экологического стока предусматривает наличие исторического стока реки до строительства плотины, и после её строительства. Для реки Myitnge период до строительства плотины характеризуется стоком реки в период 1981–2009 гг. Несмотря на простоту и использование лишь данных по стоку реки, этот метод позволяет рекомендовать минимальное пороговое значение

экологического стока в виде переменного стока. Для определения экологического стока используются следующие рекомендации:

MMF, if $MMF < 40\% MAF$
40% MAF, if $40\% MAF < MMF < 100\% MAF$
40% MMF, if $MMF > MAF$

где, MAF есть среднегодовой сток и MMF среднемесячный сток [1].

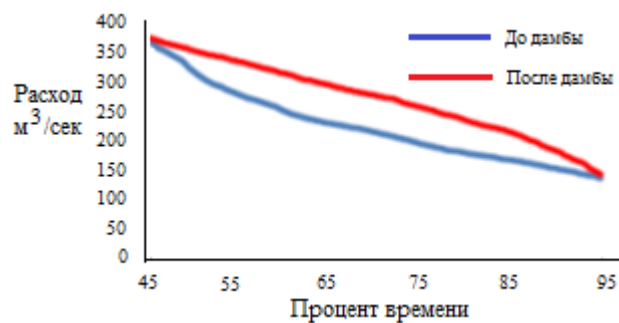
Влияние режима эксплуатации плотины на природный сток реки. Сток реки в естественных условиях обеспечивает режим стока, необходимый для местных видов и экосистем, т. е. он является экологически-базовым стоком необходимым для целостности экосистемы. Согласно этому подходу, сток без антропогенного воздействия представляет собой экологический базовый сток для обеспечения целостности экосистемы. Анализ воздействия деятельности человека на окружающую среду выполняется путем сравнения кривой продолжительности стока (КПД) до и после строительства плотины. Период до 2010 г. определялся как до-плотинный (естественный), а после 2010 г. определялся как пост-плотинный период.

Водохранилища аккумулируют сток в сезон дождей; накопленная вода сбрасывается в засушливый период для покрытия потребности в электроэнергии. В результате, в сезон дождей низовья не получают паводковых вод, уменьшается боковая связь между поймой и руслом реки, постепенно снижается плодородие пойменных и прибрежных земель, т. е. в периоды половодья и паводков в нижних частях бассейна рек имеет место эко-дефицит. На рис. 8(а) представлена часть экодефицита в условиях половодья и паводка.

В засушливый период, когда в естественных условиях имеет место низкий сток, идёт сработка водохранилища и сток реки ниже плотины возрастает по сравнению с условиями до её строительства. Рис. 8(б) указывает на наличие эко-излишка, наличие дополнительной воды улучшает условия для водопользователей, но может повлиять на некоторые организмы, требующие условия маловодья в этот период года. Для аборигенных организмов, необходимо отсутствие резкого изменения режима стока до и после- плотины. Наличие эко-дефицита и эко-излишка отражает влияние режима эксплуатации плотины на естественную речную экосистему.



а)



b)

Рис. 8 (а) Эко-дефицит в период высокой воды и (б) Эко-излишек в период малой воды из-за эксплуатации плотины (Hlaing и соавторы, 2019).

Определение порога экологического стока. Рекомендация экологического стока для пресноводной экосистемы требует детальных исследований воздействия плотины на экосистемы. На начальном этапе с использованием долгосрочных исторических данных можно использовать метод Тессмана для определения минимального порога экологического стока. На Рис. 9 представлены рекомендации по минимальному экологическому стоку, рассчитанному по методу Тессмана для р. Muiitnge на створе плотины Yeуwa.

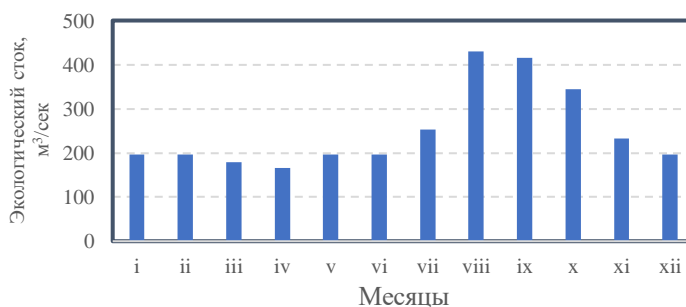


Рис. 9. Минимальный требуемый экологический сток на р. Muiitnge на створе плотины Yeуwa (м³/сек) (Hlaing и соавторы, 2019)

Режим эксплуатации водохранилища с использованием модели HEC-ResSim

Режим эксплуатации водохранилища при существующих правилах. Цель этого сценария — использование базового варианта для сравнительного анализа с альтернативным. Входные данные в модель составили данные о ежесуточном стоке реки и ежесуточной выработке электроэнергии с 2011 по 2018 гг. Сток реки в модели рассчитывается в соответствии с требованиями гидроэлектростанции. Достоверность результатов моделирования проверена путём сопоставления с фактическими данными по выработке электроэнергии. Согласно результатам моделирования расчетная выработка электроэнергии равна 2.621,61 ГВтч, а наблюдаемая – 2593,76 ГВтч в год, или сходимость составила 98%. Т. е. полученные результаты указывают на, что модель HECResSim может широко использоваться при решении задач, связанных с прогнозом стока рек, зарегулированных водохранилищами.



Рис. 10. Сравнение фактического и расчётного уровня воды в водохранилище (Hlaing и соавторы, 2019)

Эксплуатация водохранилища с учетом минимального экологического стока. Согласно этому сценарию, суммарные попуски с водохранилища не должны быть менее месячного минимального экологического стока. Для расчёта минимального экологического стока может быть использован метод Тессмана. При решении рассматриваемой задачи необходимо учитывать как требование минимального экологического стока, так и требования к воде для выработки электричества на гидроэлектростанции. При этом приоритет отдаётся попускам минимального экологического стока. При этих ограничениях расчётная выработка электроэнергии во втором варианте составила 2666,312 ГВтч в год, что означает увеличение выработки электроэнергии на 1.3% по сравнению с первым вариантом (Hlaing и соавторы, 2019). Смоделированные условия оттока при двух системах эксплуатации водохранилища и минимальные экологические требования к расходу показаны на Рис. 11.

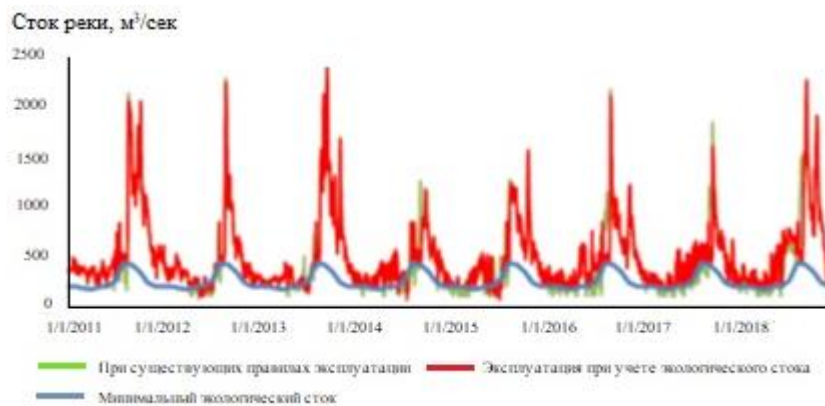


Рис. 11. Смоделированный отток с плотины с учетом минимального экологического стока (Hlaing и соавторы, 2019).

Рис. 11 представляет гидрограф реки, который поддержит здоровье речной системы, поскольку обеспечивает минимальный порог экологического стока (вариант 2). При существующих же правилах эксплуатации водохранилища потребности экологического стоке не удовлетворяются в период засушливого сезона и раннего сезона дождей. В то же время необходимо отметить, что ориентация на минимальный порог экологического стока приводит к тому, что данное правило не может обеспечить экологический сток вдоль многолетнего ряда моделирования.

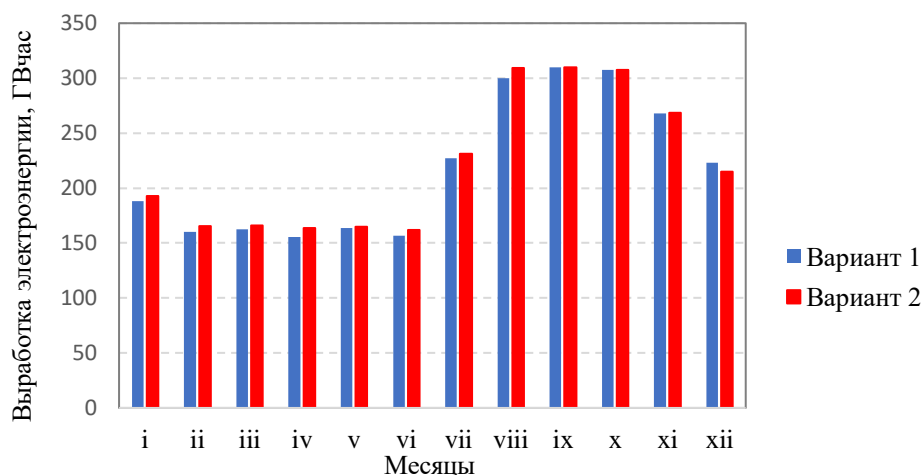


Рис. 12. Выработка электроэнергии по месяцам (ГВчас) без учёта экологического стока (вариант 1) и с учётом экологического стока (Вариант 2) (Hlaing и соавторы, 2019).

Определение гидрологических изменений с помощью анализа RVA. Гидроэнергетические проекты влияют на естественный сток рек и изменяют её расход, режим и содержание взвешенных наносов, что ведёт к утрате биоразнообразия, изменению функции и структуры водных экосистем (Банн и Артингтон, 2002 г.). [8]. Для количественной оценки степени изменений может быть использован анализ RVA, в котором входными данными являются сток реки до- (1981–2009 гг.) и после- плотины (2011-2018 гг.). Этот анализ включает 33 показателя группируемые в 5 групп, которые характеризуют величину, частоту, продолжительность, время и скорость изменений:

Группа 1: Среднемесячный расход воды ($\text{м}^3/\text{сек}$)

Группа 2: Величина ($\text{м}^3/\text{сек}$) и продолжительность (сутки) годового экстремального стока и условия базового стока

Группа 3: Время годового экстремального стока (юлианская дата)

Группа 4: Частота (количество) и продолжительность (сутки) высокого и низкого пульса

(The Nature Conservancy, 2007).

Правила эксплуатации и ограничения в системе эксплуатации водохранилища определяют изменение гидрологических режимов. Результаты анализа изменений стока после плотины по сравнению со стоком до плотины. Результаты анализа изменений стока после плотины по сравнению со стоком до плотины с учётом и без экологического стока с использованием метода RVA приведены в Таблице 10.

Таблица 10. Проценты изменений рассчитанные методом RVA (Hlaing и соавторы, 2019)

Группа 1	% Изменений		Группа 2	% Изменений		Группа 3	% Изменений	
	Вариант 1	Вариант 2		Вариант 1	Вариант 2		Вариант 1	Вариант 2
Январь	9.375	9.375	1-девный минимум	100	67.05	Ранняя дата	100	39.58

			м					
Февраль	100	67.05	3- дневный минимум	100	34.09	Поздняя дата	9.375	9.375
Март	69.79	69.79	7- дневный минимум	67.05	100	Группа 4	% Изменений	
Апрель	100	100	30- дневный минимум	67.05	100		Вариант 1	Вариант 2
Май	34.09	1.136	90- дневный минимум	100	100	Количество низких импульсов	75.83	100
Июнь	34.09	1.136	1- дневный минимум	39.58	9.375	Продолжительность низких импульсов	100	100
Июль	1.136	34.09	3- дневный минимум	1.136	34.09	Количество высоких пульсов	69.17	20.83
Август	31.82	34.09	7- дневный минимум	34.09	67.05	Продолжительность высоких пульсов	9.375	9.375
Сентябрь	31.82	31.82	30- дневный минимум	34.09	34.09	Группа 5	% Изменений	
Октябрь	67.05	67.05	90- дневный минимум	100	67.05		Вариант 1	Вариант 2
Ноябрь	31.82	31.82	Количество дней с нулевым стоком	0	0	Скорость подъёма (м³/сек/сутки)	34.09	34.09
Декабрь	20.83	20.83	Базовый поток	64.77	34.09	Скорость падения	100	100

						(м ³ /сек/сут ки		
						Количество поворотов	100	100

Индикаторы ИНА важны для оценки воздействий гидрологических изменений на доступность среды обитания для водных организмов и доступность воды для наземных животных (The Nature Conservancy, 2007). Наличие воды питает влагой растения, которые влияют на температуру воды, уровень кислорода и фотосинтез в толще воды (The Nature Conservancy, 2007) Среднее изменение индикаторов группы (1) приводит к умеренным уровням на 54,19 % при существующей эксплуатации и на 48,94 % при учете экологического стока, т.е. может уменьшиться на 5,25 % в варианте учета ограниченного экологического стока.

Учёт компонентов стока, таких как экстремально низкий сток, высокий сток, паводок и базовый сток, имеет место в группе индикаторов группы (2). Речные места обитания в условиях экстремально маловодья сталкиваются с низким уровнем кислорода и концентрированием химических веществ в водной среде. Последствия этих изменений зависят от продолжительности стрессового состояния (The Nature Conservancy, 2007). В условиях экстремально низкого расхода, таких как минимальный расход за 1, 3, 7, 30, 90 дней, операция с ограничением электронного потока может высвободить поток, чтобы он больше напоминал естественную структуру, чем существующая операция. Ограниченный экологический сток в сезоны маловодья создаёт условия близкие к естественным; отклонения от естественного состояния возрастают в периоды высокого стока и паводка (максимальный сток 1, 3, 7, 30, 90 дней продолжительности). Потеря паводка ведёт к исчезновению обмена питательных веществ между рекой и поймой.

Уровни изменения параметров группы (3), таких как различие в датах минимума и максимума, значительно меньше при наличии ограниченного экологического стока чем без него, что может синхронизировать жизненные циклы организмов и приблизить их к естественным условиям (The Nature Conservancy, 2007). Изменение параметров группы (4) таких как количество низких импульсов возрастает при учете экологического стока, а количество высоких импульсов сокращается, хотя их продолжительность остаётся на том же уровне. Учёт экологического стока не влияет на величину параметров группы (5). Осреднение значений параметров внутри каждой группы позволяет уровень модификации стока (Таблица 11).

Таблица 11. Сравнение среднего группового и единичного индекса степени гидрологических изменений (ИГИ)

Группа ИГИ	Процент изменений и класс уровень модификации индикаторов			
	При существующих правилах		С учётом экологического стока	
Группа 1	54.19	М	48.94	М

Группа 2	68.97	Н	63.39	М
Группа 3	71.02	Н	28.76	Л
Группа 4	71.8	Н	71.63	Н
Группа 5	83.99	Н	83.99	Н
Один индекс для 33 параметров ИНА	66.1	М	60.38	М

Суммарный результат для двух правил эксплуатации водохранилищ. Таблица 12 суммирует результаты между существующих правил эксплуатации водохранилища и с учётом экологического стока.

Таблица 12. Сводные результаты для двух правил эксплуатации водохранилища

Правила эксплуатации	Расчётная выработка электроэнергии	Изменение выработки электроэнергии	Изменени е стока	Клас с ИНА	Изменение воздействия
	ГВтчас	%	%		%
Существующие правила	2621.612	0	66.1	М	0
С учётом экологического стока	2655.654	+ 1.3	60.38	М	-5.73

При ориентации на существующие правила эксплуатации водохранилища расчётная выработка электроэнергии составила 2621,612 ГВтч в год. Этот вариант характеризуется умеренным изменением режима естественного потока и является базовым вариантом для сравнения с другим сценарием. В сценарии учёта ограничений на экологический стока выработка расчётная выработка электроэнергии составит 2655,654 ГВтч в год, т. е. выработка электроэнергии увеличивается на 1,3 % по сравнению с базовым сценарием. Высвобождение части стока реки происходит постепенно, и воздействие на речную систему снижается на 5,73 % по сравнению с базовым вариантом. Результаты расчётов показывают, что учёт экологического стока не только подаёт необходимый минимальный порог воды, но и вырабатывает дополнительное электричество.

Выводы

Невозможность поддержания минимального экологического стока является основным недостатком современных правил регулирования водохранилищ, что приводит к постепенному изменению естественного стока. Изменение естественного стока реки сопровождается изменением русла реки, местообитания и водных видов живых организмов. В этих условиях ключом к защите экосистем является сведение к минимуму степени изменения режима стока. Цель экологического стока в

формировании такого режима стока, который бы поддерживал основные процессы, необходимые для поддержания здоровых речных экосистем. На начальном этапе это может быть минимальный экологически требуемый сток, хотя в многолетнем плане его будет недостаточно. Минимальный экологический сток регулирует уровень изменений стока и служит для снижения риска воздействия на речную экосистему. В этом случае подбором изменений стока реки можно достичь также увеличения выработки электроэнергии. Обеспечение экологического стока для поддержания экосистем нижнего течения и обеспечение увеличения выработки электроэнергии будет способствовать совершенствованию управления водными ресурсами.

Литература

1. IIASA. 1982. The operation of multiple reservoir systems. Ed. by Kaczmarek Z and Kindler J. IIASA Collaborative proceedings series. CP-83-S3. Laxenburg, Austria. 1982.
2. Owusu A.G. 2022. The practice and opportunities in re-operating dams for the environment. <https://doi.org/10.4233/uuid:35343fa4-0dd3-4039-ac58-b2999a9aa2d0>
3. Owusu, A., Mul, M., van der Zaag, P., & Slinger, J. 2020. Re-operating dams for environmental flows: From recommendation to practice. *River Research and Applications*, 37(2), 176-186. <https://doi.org/10.1002/rra.3624>
4. The Brisbane Declaration and Global Action Agenda on Environmental Flows. 2018.
5. Owusu A.G. 2022. The practice and opportunities in re-operating dams for the environment. <https://doi.org/10.4233/uuid:35343fa4-0dd3-4039-ac58-b2999a9aa2d0>
6. Owusu A., Mul M., van der Zaag P., & Slinger J. 2020. Re-operating dams for environmental flows: From recommendation to practice. *River Research and Applications*, 37(2), 176-186. <https://doi.org/10.1002/rra.3624>
7. Costigan K.H., Kennard M.J., Leigh C., Sauquet E., Datry T., Boulton A.J. 2005. Flow regimes in intermittent rivers and ephemeral streams. U.S. geological survey scientific investigations report. 2005-519. In: Datry T., Bonada N. and Boulton A. (Eds), *Intermittent rivers and ephemeral streams: Ecology and management*, 51–78 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803835-2.00003-6>, 2017.
8. Acuña V., Jorda-Capdevila D., Vezza P., De Girolamo A.M., McClain M.E., Stubbington R., Pastor A.V., Lamouroux N., von Schiller D., Munné A. and Datry T. 2020 Accounting for flow intermittency in environmental flows design. *Journal of Applied Ecology*, 57(4), 742–753. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13590>, 2020.
9. Papadaki C., Soulis K., Bellos V., Ntoanidis L. and Dimitriou E. 2020. Estimation of a suitable range of discharges for the development of instream flow recommendations. *Environmental Processes*, 7(3), 703–721. <https://doi.org/10.1007/s40710-020-00456-1>, 2020.
10. Sharma U. and Dutta V. 2020. Establishing environmental flows for intermittent tropical rivers: why hydrological methods are not adequate? *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(5), 2949–2966. <https://doi.org/10.1007/S13762-020-02680-6> 2020 17:5, 2020
11. Warner A.T., Bach L.B. and Hickey J.T. 2014. Restoring environmental flows through adaptive reservoir management: Planning, science, and implementation through the

- Sustainable Rivers Project. *Hydrological Sciences Journal*, 59(3–4), 770–785. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.843777>, 2014.
12. Yankson P. W. K., Asiedu A. B., Owusu K., Urban F. and Siciliano G. 2018. The livelihood challenges of resettled communities of the Bui dam project in Ghana and the role of Chinese dam-builders. *Development Policy Review*, 36, O476–O494. <https://doi.org/10.1111/dpr.12259>, 2018.
 13. Ahlers R. 2020. Where walls of power meet the wall of money: Hydropower in the age of financialization. *Sustainable Development*, 28(2), 405–412. <https://doi.org/10.1002/sd.1994>, 2020.
 14. Efstratiadis A., Tegos A., Varveris A. and Koutsoyiannis D. 2014. Assessment of environmental flows under limited data availability: case study of the Acheloos River, Greece. *Hydrological Sciences Journal*, 59(3–4), 731–750. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.804625> doi:10.1080/02626667.2013.804625, 2014.
 15. Thompson R. M., King A. J., Kingsford R. M., Mac Nally R. and Poff N. L. 2018. Legacies, lags and long-term trends: Effective flow restoration in a changed and changing world. *Freshwater Biology*, 63(8), 986–995. <https://doi.org/10.1111/fwb.13029>, 2018.
 16. Hurford A.P., Huskova I. and Harou J.J. 2014. Using many-objective trade-off analysis to help dams promote economic development, protect the poor and enhance ecological health. *Environmental Science and Policy*, 38 (8), 3259–3277. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.10.003>, 2014.
 17. Fanaian S., Graas S., Jiang Y., van der Zaag P. 2015. An ecological economic assessment of flow regimes in a hydropower dominated river basin: the case of the lower Zambezi River, Mozambique. *Science of the Total Environment*, 505, 464–473. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.033>, 2015.
 18. Hurford A.P., McCartney M.P., Harou J.J., Dalton J., Smith D.M. and Odada E. 2020. Balancing services from built and natural assets via river basin trade-off analysis. *Ecosystem Services*, 45, 101144. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101144>, 2020.
 19. Robinson C. T., Molinari P., Mürle U., Ortlepp J., Scheurer T., Uehlinger U. and Zahner M. 2004. Experimental floods to improve the integrity of regulated Rivers. *GAIA—Ecological Perspectives for Science and Society*, 13(3), 186–190. <https://doi.org/10.14512/gaia.13.3.6>, 2004.
 20. Scheurer T. 2014. How to set up a dynamic residual flow regime: The example of the River Spöl (Swiss National Park). *Journal on Protected Mountain Areas Research*, 5(2), 55–58. <https://doi.org/10.1553/ecomont-5-2s55>, 2014.
 21. Duvail S. Hamerlynck O. 2003. Mitigation of the negative ecological and socio-economic impacts of the Diama dam on the Senegal River Delta wetland (Mauritania), using a model-based decision support system. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7(1), 133–146. <https://doi.org/10.5194/hess-7-133-2003>, 2003.
 22. Pitt J. and Kendy E. 2016. Shaping the 2014 Colorado River Delta pulse flow: Rapid environmental flow design for ecological outcomes and scientific learning. *Ecological Engineering*, 106, 704–714. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.12.002>, 2017.
 23. Rood S. B., Gourley C. R., Ammon E. M., Heki L. G., Klotz J. R., Morrison M. L., Mosley D., Scopettone G. G., Swanson S., and Wagner P. L. 2003. Flows for Floodplain

- Forests: A Successful Riparian Restoration. *BioScience*, 53(7), 647-656. <https://doi.org/10.1641/0006-3568> (2003)053[0647: fffas]2.0.co;2, 2003.
24. Acreman M. C. and Ferguson A. J. D. 2010. Environmental flows and the European Water Framework Directive. *Freshwater Biology*, 55(1), 32–48. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02181.x>, 2010.
25. Barfoot C. A., Evarts L. A. and Lukacs P. M. 2018. Long-term trends in abundance and size of sport fishes in the Flathead River, Montana, following changes in hydroelectric dam operations. *Northwest Science*, 92 (2), 92–106. <https://doi.org/10.3955/046.092.0203>, 2018.
26. Richter B.D., Baumgartner J.V., Braun D.P., Powell J. 1998. A Spatial Assessment of Hydrologic Alteration within a River Network. *Regulated River Research Management* 14 (4), 329–340.
27. Hlaing S.S., Tin San Z.M. L., Zin W.W., Thin Kyi C.C., Conallin J. 2019. Assessment of Hydrologic Alteration due to Hydropower Reservoir Operation System. 2019 JETIR June 2019, Volume 6, Issue 6. www.jetir.org (ISSN-2349–5162)
28. Tharme R.E. 2003. A Global Perspective on Environmental Flow Assessment: Emerging Trends in the Development and Application of Environmental Flow Methodologies for Rivers. *River Research and Applications* 19, 397–441.
29. The Nature Conservancy. 2007. Indicator of Hydrologic Alteration, Version 7.1 User's Manual.

2.6. ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, РАБОТАЮЩИХ НА ИСКОПАЕМОМ ТОПЛИВЕ

Содержание

1. Введение
2. Тепловая эффективность (эффективность использования тепла)
3. Тепловые станции на угле
4. Станции на природном газе
5. Сравнение угля и газа
6. Комбинирование производство тепла и энергии

Введение

На выбросы CO₂ при производстве электроэнергии влияют два фактора, а именно содержание топлива и общий КПД преобразования. Технологические мероприятия по сокращению выбросов, в первую очередь направленные на повышение теплового КПД, только начинают внедряться в производство. Значительное повышение эффективности может быть достигнуто за счет использования чистых технологий сжигания и работа в комбинированном цикле.

Ожидается, что использование этих подходов приведет к повышению эффективности до 65% и сопутствующее сокращение выбросов CO₂ в диапазоне 40–50% от текущего уровня. Дальнейшее повышение общей эффективности возможно за счет новых усовершенствованных циклов и когенерация. На основе недавних

прогнозов, показывающих довольно низкую скорость внедрения технологий с нулевым выбросом парниковых газов (ядерные и возобновляемые источники энергии), сокращение выбросов CO₂ в ближайшем будущем будет все больше полагаться на меры, снижающие энергоемкость и удельную энергоемкость потребление, т. е. повышение эффективности. Производство электроэнергии и пара прогнозируется, будет вносить наибольший вклад в увеличение выбросов CO₂ из всех источников, что подчеркивает исключительную важность мер по повышению теплового КПД.

На основе нескольких исследований по борьбе с выбросами, указанное мероприятие потребует экономическим затратам около 100 €90/тС, (или 37 евро/тCO₂). Оценка стоимости вариантов сокращения выбросов от различных источников показывают, что это позволит сократить более 60% всех выбросов CO₂ в секторе производства электроэнергии.

Распределение выбросов ПГ и их источников. Основными парниковыми газами являются CO₂, CH₄ и N₂O, которые исходят от обоих энергетических и неэнергетических источников. Также включены гидрофторуглероды, перфторуглероды и гексафторид серы, которые имеют относительно высокий потенциал глобального потепления, но выбрасываются в небольших объемах и большей частью не связаны с энергией. «оранжерея воздействия» различных газов выражается в эквиваленте CO₂ на основе аналогичного глобального потенциал потепления (ГВт) за 100-летний период.

Таблица 1. Потенциал глобального потепления (IEA, 1997)

Газ	Потенциал глобального потепления для различных временных горизонтов		
	20 лет	100 лет	500 лет
CO ₂	1	1	1
CH ₄	56	21	6.5
N ₂ O	280	310	170
HFC-23	9100	11700	9800
HFC-32	2100	650	200
SF ₆	16300	23900	34900

Два основных антропогенных (вызванных деятельностью человека) источника выбросов CO₂ во всем мире являются сжигание ископаемого топлива и изменения в землепользовании, главным образом вырубка лесов. В настоящее время примерно 75% глобальных выбросов CO₂ приходится на сжигание ископаемого топлива на преобразование и использование энергии, хотя доля варьирует по регионам (IEA, 2001). Следовательно, энергетический сектор следует рассматривать как центральную точку, где следует сфокусировать стратегия сокращения. При этом сосредоточившись на выбросах энергетического сектора, особое внимание требует сжигание ископаемого топлива.

На выработку электроэнергии и транспорт приходится около одной трети выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива, хотя зависимость от типа топлива в энергетике явно отличается от транспорта, который практически полностью зависит от нефти. Источники эмиссии в транспорте, промышленности и отоплении

многочисленны, рассредоточены и малы, в то время как дымовые газы электростанций велики, поэтому на технологические решения сокращения выбросов при производстве электроэнергии уделяется большее влияние, чем в других секторах. Коэффициент выбросов при производстве энергии (в зависимости от вида топлива) приведен в таблице 2.

Поскольку уровни выбросов CO₂ от источников энергии, не связанных с ископаемыми видами топлива, низки и не связаны с самим процессом производства или преобразования энергии, а скорее со строительством, в следующем разделе основное внимание уделяется выбросам от электростанций, работающих на ископаемом топливе.

Топливная смесь: влияние содержания углерода

Природный газ имеет самые низкие выбросы CO₂ на единицу энергии среди всех ископаемых видов топлива – около 14 кг С/ГДж, по сравнению с нефтью с примерно 20 кг С/ГДж и углем с примерно 25 кг С/ГДж (см. таблицу 3). С точки зрения выбросов, использование природного газа для производства электроэнергии явно выгодно. Кроме того, топливо с низким содержанием углерода может, в общем, конвертироваться с более высокой эффективностью, чем уголь (Steen, 2001), что приводит к эффекту домино замена топлива с более высоким содержанием углерода на топливо с более низким содержанием углерода в отношении количества выбросов CO₂ (см. также таблицу 2).

Таблица 2. Эмиссия ПГ на кВтч электроэнергии генерированной по фактически лучшей доступной технологии для каждого энергетического сектора.

Технология производства	Источник	гCO ₂ /кВтч	Источник
Уголь	Сжигание	900	Dermaut and Geeraert, 2018
Газ	Сжигание	400	Dermaut and Geeraert, 2018
Атомная	Обогащение урана	4	Dermaut and Geeraert, 2018
		8 (в ЕС)	Steen, 2001
Ветровая	Строительство	10-30	Dermaut and Geeraert, 2018
		10	Steen, 2001
Солнечная	Строительство	100-200	Dermaut and Geeraert, 2018
Водная		18	Steen, 2001

Заметка: Эмиссия в третьей колонке отмечает эмиссию на единицу сгенерированной электрической эмиссии. Содержание углерода в топливе выражено в кгС/ГДж, и связано с эффективное выработки электроэнергии (см. таблицу 3).

Таблица 3. Эмиссия ПГ для различных видов топлива

Топлива	CO ₂ (гС/MJ)	CH ₄ /(гCH ₄ /GJ)	N ₂ O(gN ₂ /GJ)
Уголь	25.1 (IEA, 1997)	5.5 (IEA, 1997)	2 (IEA, 1997) (IEA, 1997)
Твердый уголь			
Кокс	27.5 (Steen, 2001)		
Лигнит	28.5 (Steen, 2001)		
Нефть	20.8 (IEA, 1997)	8 (IEA, 1997)	2 (IEA, 1997)
Природный газ	14.3 (IEA, 1997)	3 (IEA, 1997)	1 (IEA, 1997)
LPG	17.2 (Steen, 2001)		
Дизель	20.2 (Steen, 2001)		
Керосин	19.6 (Steen, 2001)		
Бензин	19.0 (Kaarsberg, 1999)		
	29.7 (IEA, 1997)	4.5 (IEA, 1997)	2 (IEA, 1997)
Древесина	31.1 (IEA, 1997)	40 (IEA, 1997)	2 (IEA, 1997)

Цифра в скобках означает источник. Значение CO₂ приведено по отношению к углероду (1 г С соответствует 44/12=3.667 гCO₂)

Тепловая эффективность

В результате технического прогресса происходит постоянное совершенствование эффективности технологий производства электроэнергии. Это улучшение должно продолжаться или даже увеличиваться, так как теоретический потенциал еще недостаточно используется. Проникновение технологий чистого сжигания эффективного природного газа, угля и лигнита может повысить эффективность производства электроэнергии на 5–10%, что приводит к снижению затрат на топливо и сокращению выбросов парниковых газов на 15–30% (Steen, 2001).

Взаимосвязь между эффективностью и выбросом CO₂ для различных генерирующих мощностей показана на рис. 1. Вертикальное положение кривые, соответствующие разным векторам энергии, отражают содержание в них углерода (см. табл. 3). По наклону касательной к кривым, можно оценить сокращение выбросов CO₂ на единицу прироста эффективности. Как правило, увеличение эффективности с 40 до 41% для газовых электростанция снижает выбросы CO₂ на 2,5%. (Для станции мощностью 500 МВт с коэффициент нагрузки 85%, означает снижение выбросов CO₂ на 37 000 тонн/год*).

* $500 \text{ MW} \times (0.85 \times 365 \times 24 \text{ h/yr}) \times 400 \text{ kg/MWh} \times 2.5\% = 3.7 \text{ 107 kg/yr}$

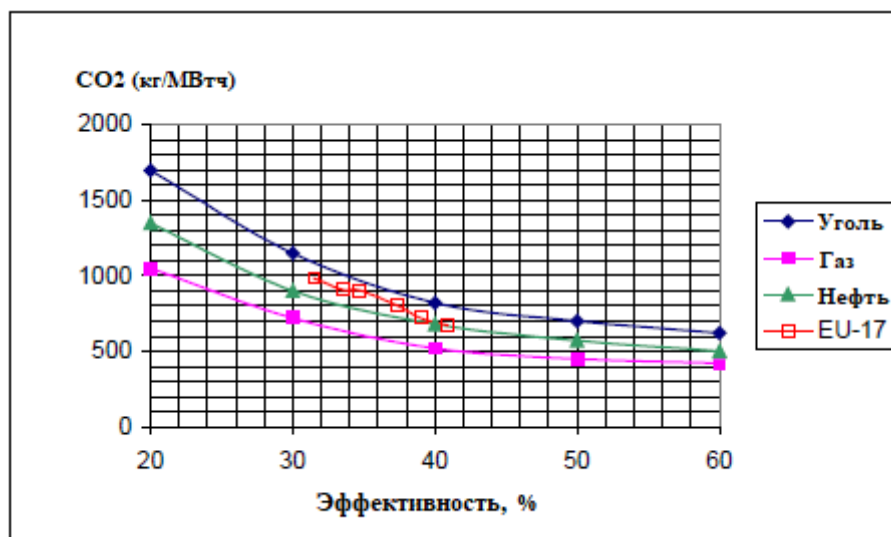


Рис. 1. Зависимость выбросов CO₂ от эффективности (%).

Не закрашенные символы на рис. 1 представляют тенденцию, полученную в результате эволюции общих выбросов CO₂ и средней эффективности производства тепловой энергии в странах ЕС-17 (ЕС-15) за период 1970-1996 гг. (измеренные данные) и прогнозы на 2000 и 2010 годы (последние два пункта) (European Electricity Market Forecast, 1998). Эти данные демонстрируют роль повышения эффективности производства тепловой энергии в сокращении выбросов CO₂.

Тепловые станции на угле

В настоящее время уголь используется для производства около 36% электроэнергии в мире, т. е. процент, который вряд ли существенно изменится в ближайшие 15–20 лет (IEA, 2000). В промышленно-развитых странах типичная угольная электростанция преобразует от 33 до 38% энергетического потенциала угля в электроэнергию. Остальное теряется в основном в виде нагретых отходов. Однако на некоторых станциях, особенно на старых электростанциях развивающихся стран, в Восточной Европе и бывшем Советском Союзе эффективность производства электроэнергии даже ниже, а в некоторых случаях ниже 30%.

Повышение эффективности преобразования угля в электроэнергию на электростанции означает, что требуется меньше топлива для выработки того же количество электроэнергии. Исследования и разработки за последние два десятилетия породили новый набор технологий сжигания угля, которые повышают эффективность – и, как следствие, можно резко сократить выбросы углекислого газа (рис. 1). В настоящее время имеющиеся технологии сжигания угля, а также будущие разработки перечислены в следующие таблицы (Таблицы 4.1..4.3), составленные из ряда источников. В системе комбинированного цикла интегрированной газификации (IGCC) уголь превращается в горючий газ (обычно смесь окиси углерода и водорода, называемая синтез-газом).

Таблица 4.1 Статус современной технологии угля (Steen, 2001)

Технология сжигания угля	Эффективность, %	Эмиссия парниковых газов (гСО ₂ /кВтч)
Сжигание пылевидного угля (докритическое) + ДДГ (десульфуризация дымовых газов)	39-41	-
	40	830
	34	946
	38	862
	-	780
	37.5	860
	35	990
Суперкритический	42	-
	43.5	852
	44	-
Сжигание в атмосферном кипящем слое	39	
Сжигание в псевдооживленном слое под давлением	44	
	44	
Комбинированный цикл комплексной газификации (ИГКК)	42	740
	43	
	43	862
	46	
	47	691

Газ сжигается в камере сгорания газовой турбины для производства одного источника электроэнергии. Выхлопные газы газовой турбины остаются достаточно горячими, чтобы вскипятить воду за условный паровой цикл.

Таблица 4.2. Кратко-срочный временной период (2000-2010) (Steen, 2001)

Технология сжигания угля	Эффективность, %	Эмиссия парниковых газов (гСО ₂ /кВтч)
Котельная система с низким уровнем выбросов	42	-
Сверхкритическая	45-46	-
	48	764
	48.5	
Сжигание в псевдо-сжиженном слое под давлением (PFBC)	45	708
Комбинированный цикл комплексной газификации (IGCC)	49	-
	45	679
	47	693
	48	772

	-	690
Цикл косвенного нагрева (IFC)	45	592

Таблица 4.3 Долгосрочные временные рамки

Технология сжигания угля	Эффективность, %	Эмиссия парниковых газов (гСО ₂ /кВтч)
Котельная система с низким уровнем выбросов	42	-
Сверхкритическая	51	-
	50	-
Сжигание в псевдо-сжиженуом слое под давлением (PFBC)	47	-
	50	621
Комбинированный цикл комплексной газификации (IGCC)	50	-
	52	592
Цикл косвенного нагрева (IFC)	48	582

Технологии газификации представляют собой следующее поколение энергии на основе твердого сырья. Газификация разрушает практически любые основные составляющие углеродсодержащего сырья. Это позволяет использовать различное ископаемое сырье (уголь, биомассу, сельскохозяйственных, лесных, коммунальных и нефтеперерабатывающих отходов), разделение загрязняющих веществ и парниковые газы и производство чистого газа для эффективного производства электроэнергии, химических веществ и чистого жидкого топлива. Оценки показывают, что установки IGCC второго поколения должны иметь инвестиционные затраты менее 1400 \$/кВт и чистый КПД более 48%, чтобы конкурировать с другими представленными в таблице 4.3 технологиями чистого угля. Однако заводы IGCC всегда будут иметь явное преимущество с точки зрения гибкости топлива, будущего потенциала эффективности и синергии с другими процессами (Steen, 2001).

Помимо высокой эффективности (самой высокой среди угольных технологий) Энергосистемы основанные на газификации предлагают еще одно важное преимущество в контроле за выбросами парниковых газов—в отличии от традиционных технологий сжигания угля, которые выделяют двуокись углерода в разбавленном, в большом объеме смеси с азотом из воздуха для горения, системы газификации производят поток концентрированного углекислого газа, который может оказаться намного легче улавливать для последующее секвестрирования.

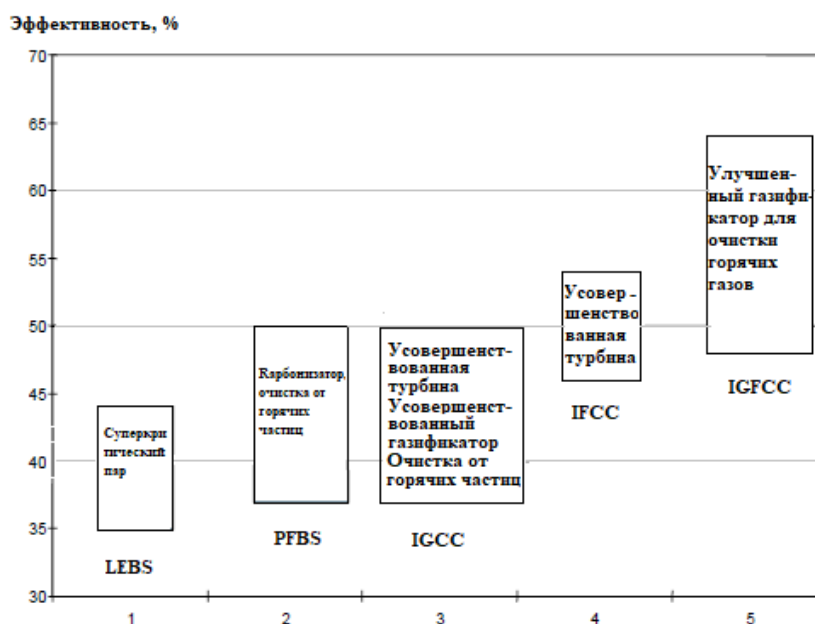


Рис. 2. Потенциал эффективности усовершенствованных станций на угле. LEBS-низкоэмиссионная система котельной, PFBS-псевдо-сжиженная система горения под давлением, IGCC-, IFCC-интегрированная газификация комбинированного цикла, IGFCC-интегрированная газификация системы топливных элементов.

Электростанции на природном газе

Когда газовые турбины были введены более 40 лет назад, эффективность преобразования топлива в электричество была низкой, обычно менее 20 % для систем с простым циклом. В настоящий период производители добились значительного повышения эффективности газовых турбин: газовая турбина простого цикла может работать с КПД до 40%, а добавление паровой турбины в комбинированном цикле может увеличить мощность турбины, работающей на природном газе, при этом эффективность такой системы составит в среднем 50%. КПД газовой турбины зависит от режим работы, при котором полная работа дает максимальную эффективность; эффективность быстро ухудшается с уменьшением выходной мощности (Рис. 2). Расширение использования природного газа важно для сокращения выбросов парниковых газов, поскольку природный газ выделяет вдвое меньше углекислого газа, чем уголь, при той же выработке энергии. Кроме того, выбросы других загрязняющих веществ ниже, чем у угольных электростанций той же мощности. Кроме того, как показано в следующих таблицах, новые технологии, повышающие эффективность преобразования природного газа в электроэнергию, еще больше снижают выбросы парниковых газов.

Дальнейшим развитием является так называемая влажная воздушная турбина, в основном соединенная IGCC. Массовый расход сингаза, поступающего в силовую турбину и, следовательно, в турбине выходная мощность увеличивается за счет впрыска воды, которая испаряется в пар. Также пар из котла-утилизатора может впрыскиваться выше по потоку в тракт газового потока или в камеру сгорания. При этом может быть получено повышение эффективности на 3 % по сравнению со стандартным IGCC (Steen, 2001).

Таблица 5.1 Технологическое состояние современных газовых турбин (Steen, 2001)

Технология газовой турбины	Эффективность, %	Эмиссия парниковых газов (гСО ₂ /кВтч)
Газовая турбина открытого цикла	30-40 (в зависимости от мощности)	-
	32	557
	43	418
	32	547
	43	413
Комбинированный цикл природного газа (NGCC) Комбинированный цикл газовой турбины	55	-
	55	370
	55	-
	49	367
	51-55 (в зависимости от мощности)	-
	55	300
	54	334
	55	370
	54	328
	49	414
52	400	

Таблица 5.2. Краткосрочные временные рамки (Steen, 2001)

Технология газовой турбины	Эффективность, %	Эмиссия парниковых газов (гСО ₂ /кВтч)
Комбинированный цикл природного газа (NGCC)	60	-
	60	340
	62	-
Комбинированный цикл газовой турбины	60	365
Усовершенствованные гибридные топливные элементы	70	-
	66	300
	70	334
	64	370

Таблица 5.3. Долгосрочные временные рамки (Steen, 2001)

Технология газовой турбины	Эффективность, %	Эмиссия парниковых газов (гСО ₂ /кВтч)
Комбинированный	62	-

цикл природного газа (NGCC) Комбинированный цикл газовой турбины	65	344
Усовершенствованные гибридные топливные элементы	70	306
	71	-

Сравнение угля и газа

На следующем рисунке показан типичный КПД электростанции в зависимости от её мощности. Как правило, эффективность увеличивается с увеличением размера устройства. Усовершенствованные газовые турбины, работающий в замкнутом цикле, в настоящее время имеют самый высокий КПД и самый низкий выбросы. Помимо этих преимуществ, электростанции, работающие на природном газе, имеют более короткие сроки строительства, более низкие инвестиции и более низкие эксплуатационные расходы.

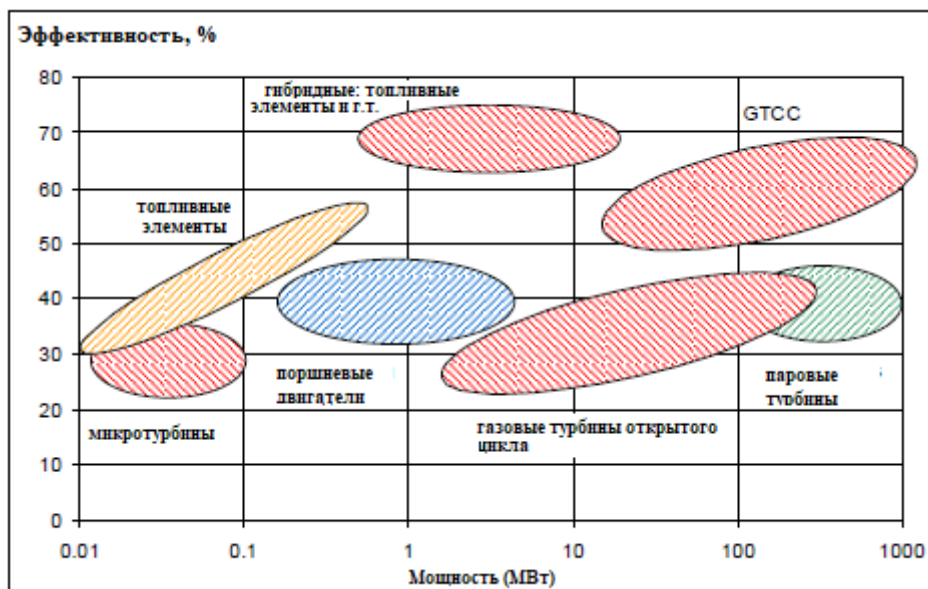


Рис. 3. Типичная эффективность электростанций. GTCC – газовые турбины комбинированного цикла.

Следует отметить, что, за исключением некоторых систем на основе топливных элементов, все технологии производства электроэнергии меньшего масштаба дают менее энергоэффективные решения, чем центральная генерация в крупных GTCC. Однако генераторы меньшего масштаба намного лучше подходят для комбинированного производства тепла и электроэнергии (ТЭЦ) и когенерации. Такие схемы значительно более энерго-эффективны, как правило, обеспечивая использование топлива порядка 80–90% (практически не зависят от системы преобразования энергии), а также является экономически выгодными. Такое высокое общее использование топлива может внести значительный вклад в сокращение выбросов CO₂; считается, что крупнейший одиночный вклад в сокращение выбросов CO₂ в Европе будет вносить более широкое использование ТЭЦ (Steen, 2001).

Рисунок 4 представляет собой график, аналогичный рисунку 1, но используемые в настоящее время технологии производства электроэнергии накладываются на кривые, соответствующие углю и газу. Аналогичным образом Рис. 5 собирает данные из таблиц 4.1-5.3 и сравнивает их с кривыми тренда на Рис. 1. Главный вывод из этих цифр заключается в том, что существенное повышение эффективности производства электроэнергии на ископаемом топливе возможно в ближайшие десятилетия (более чем 50% от текущего среднего значения в 39,4% в ЕС (1999 Annual Energy Review, 2000)).

Из-за времени необходимого для значительного проникновения на рынок указанных передовых электростанций, работающих на угле и газе, их влияние на повышение эффективности требует определенное время. Однако уже в краткосрочной перспективе, усовершенствование существующих установок («модернизация») может привести к существенному повышению эффективности использования энергии и сокращению загрязнения. Например, в энергетике ЕС на основе угля при генерирующей мощности 180 ГВт (Steen, 2001) и коэффициент загрузки 80 %, увеличение КПД с 38 до 40 %, что соответствует снижению удельных выбросов CO₂ на 60 г/кВтч (см. рис. 5), приведет к снижению выбросов CO₂ на 76 Мт CO₂/год*:

$$180.103 \text{ мВт} \times (0.8 \times 365 \times 24 \text{ ч/год}) \times 60 \text{ кг/мВтч} = 7.6.1010 \text{ кг/год} = 76 \text{ Мт/год}$$

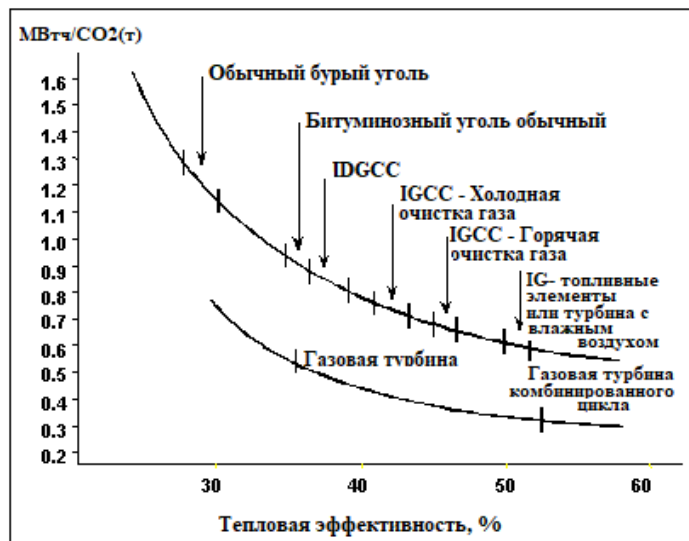


Рис. 4. Зависимость выработки электроэнергии (МВтч) на тонну CO₂ от тепловой эффективности электростанций

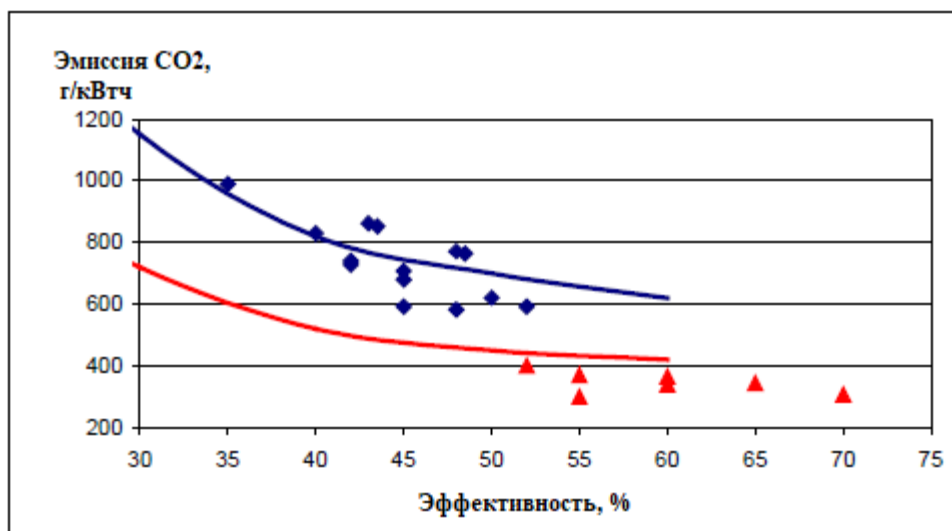


Рис. 5. Зависимость эмиссии CO₂ от эффективности (%) электростанций. Сравнение кривых тренда на рис. 9 с данными из таблиц 4 и 5. Верхняя кривая и ромбы соответствуют угольной, нижняя кривая и треугольники – газовой.

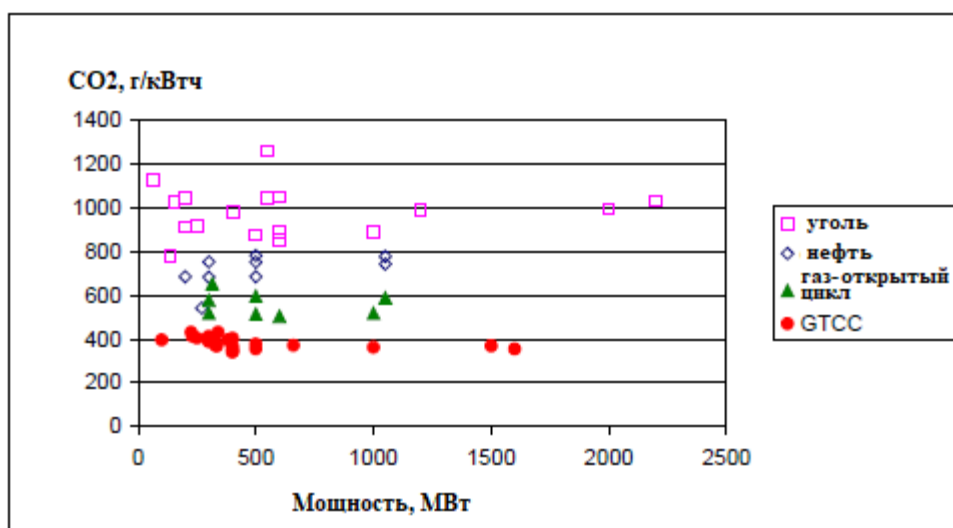


Рис. 6. Зависимость удельных выбросов парниковых газов на кВт мощности электростанции.

Зависимость теплового КПД от размера электростанции (рис. 3) не приводит к большой зависимости удельных выбросов CO₂ на единицу мощности электростанции. Это показано на рисунке 6.

Наконец, на Рис. 7 различные технологии производства электроэнергии ранжированы с точки зрения их текущих удельных выбросов CO₂. Две линии на рисунке относятся к максимальному и минимальному значениям, указанным в литературе. В целях сравнения также представлены выбросы от не-ископаемого производства электроэнергии.

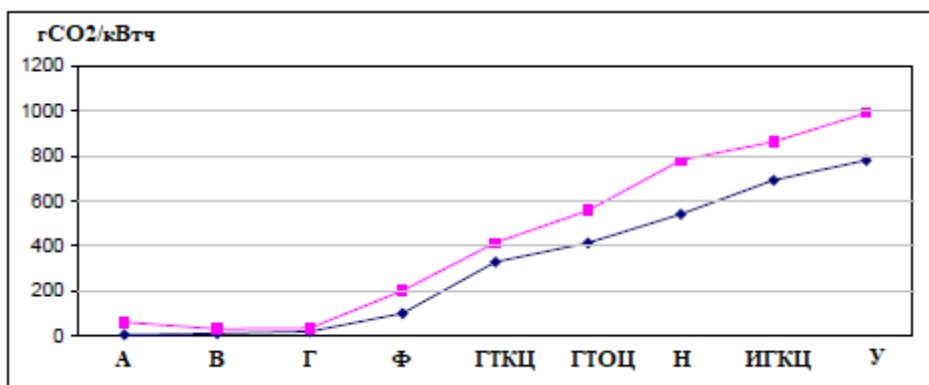


Рис. 7. Зависимость удельной эмиссии CO₂ в зависимости от вида электростанций и топлива. А – атомная, В – ветровая, Г – гидравлическая, Ф – фотогальваническая, ГТКЦ – газовая турбина и комбинированный цикл, ГТОЦ – газовая турбина и открытый цикл, Н – нефть, ИГКЦ – интегрированная газификация комбинированного цикла, У – уголь.

2.4. КОМБИНИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (ТЭЦ)

ТЭЦ предполагает одновременное производство тепловой и электрической энергии из одного первичного источника топлива. Для данного приложения это достигается с помощью одного из нескольких различных технологий производства электроэнергии, в которых тепло частично отводится в процессе производства электроэнергии и используется для удовлетворения тепловых потребностей (пар или горячая водоснабжение, технологическое отопление и охлаждение). С термодинамической точки зрения ТЭЦ дает явное преимущество в эффективности. Еще одно преимущество ТЭЦ заключается в развитии децентрализованных форм производства электроэнергии, обеспечивающие высокую эффективность и избегающие потерь при передаче. Повышение эффективности, за счет перехода на ТЭЦ, может быть значительным, но варьирует в зависимости от технологии и источник топлива, используемых и вытесняемых системами ТЭЦ. Эффективная ТЭЦ может преобразовать более 80% энергоемкости топлива в полезную энергию* (см. рис. 16).

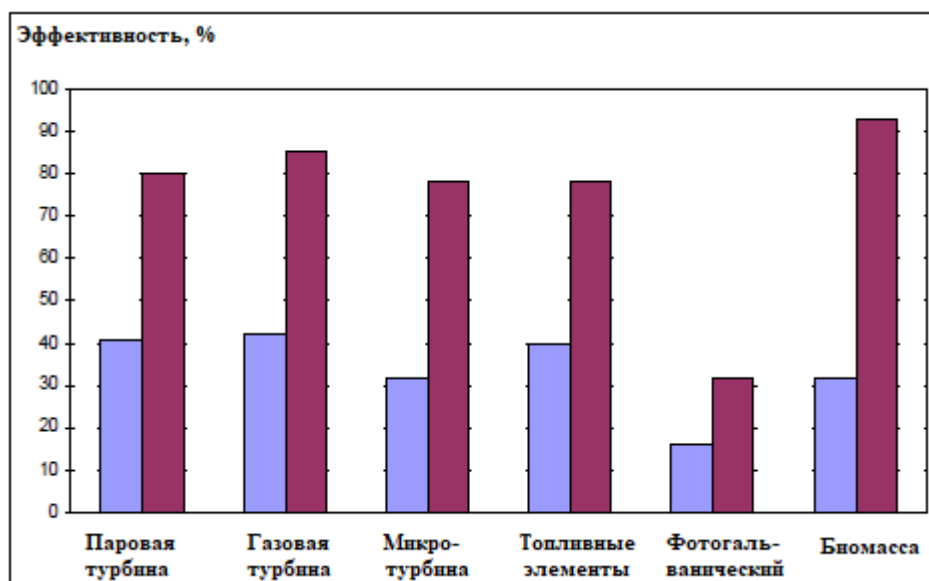


Рис. 8. Эффективность технологий электроэнергетики с и без комбинирования тепла и электричество

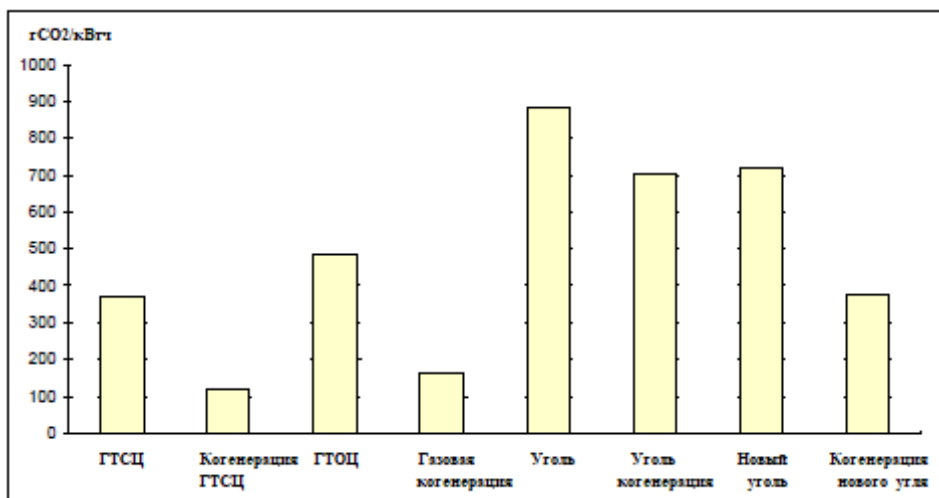


Рис. 9. Удельная эмиссия CO₂ с совмещением тепла и электричества

В соответствии с зависимостью удельных выбросов от эффективности (см. рис. 1), высокие коэффициенты преобразования энергии, связанные с ТЭЦ, приводят к значительному снижению выбросов CO₂, особенно при производстве электроэнергии на газовом топливе (рис. 8 и 9). Данные об эффективности и выбросах на этих рисунках являются «типичными» значениями из ряда литературных источников.

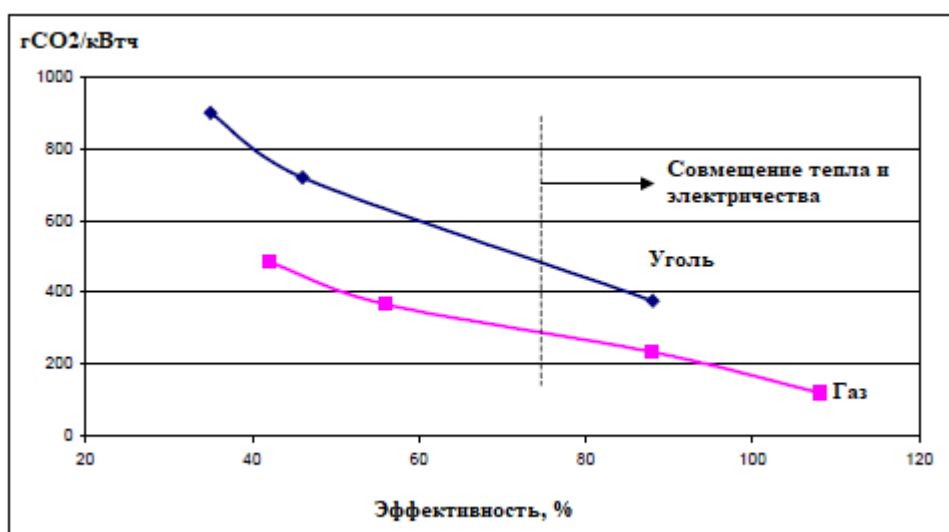


Рис. 10. Удельная эмиссия CO₂ с совмещением тепла и электричества и без.

Наконец, имеется уточнение о выбросах CO₂ от ТЭЦ. ТЭЦ является хорошим выбором для сокращения выбросов CO₂ только там, где существует реальная и пропорциональная тепловая нагрузка. Без этого и в любом случае в той мере, в какой выработанное тепло не используется, такая установка может иметь более высокие выбросы CO₂, чем установка, оптимизированная для производства электроэнергии. В связи с этим, многие станции, которые являются или могли бы называться ТЭЦ, часто на самом деле не работают в режиме ТЭЦ (поэтому не происходит никакой экономии CO₂). Поэтому требуется большая осторожность при оценке вклада ТЭЦ в сокращение

выбросов CO₂.

Выводы

Практическое занятие будет состоять из решения задач по оценке эмиссии CO₂ в электроэнергетике в зависимости от вида энергетики, топлива, мощности электростанций

Вопросы для оценки усвоения материала

1. Какое топливо имеет самые низкие выбросы CO₂ на единицу энергии среди всех ископаемых видов топлива.
2. Какое топливо имеет самые высокие выбросы CO₂ на единицу энергии среди всех ископаемых видов топлива.
3. Влияет ли повышение эффективности на величину выбросов парниковых газов и как?
4. Какие процессы антропогенной деятельности являются основными источниками выбросов CO₂ в мире?
5. Как пересчитать эмиссию в гCO₂/кВтч в гС/кВтч?
6. В каких условиях ТЭЦ оптимизированна на производство электроэнергии?
7. Какая технология производства электроэнергии в теплоэнергетике имеет самые низкие выбросы CO₂?

Литература

1. Steen M. Greenhouse Gas Emissions from Fossil Fuel Fired Power Generation Systems. EUR 19754 EN, 2001. <http://www.jrc.nl>
2. Dermaut J., Geeraert B. A better understanding of greenhouse gas emissions for different energy vectors and applications, (WEC conference 17, paper 4.1.18)
3. IEA Greenhouse R&D programme: greenhouse gases and climate change, 1997

МОДУЛЬ 3. МЕТОДОЛОГИЯ НЕКСУС ОЦЕНКИ

3.1. ПРИНЦИП РАЗДЕЛЕНИЯ ВЫГОД ПРИ РЕШЕНИИ НЕКСУС-ПРОБЛЕМ

Аннотация: Сотрудничество в бассейне трансграничной реки имеет важное значение для решения нексус проблем. Каждая прибрежная страна имеет национальные интересы по использованию трансграничной реки, и сотрудничество постепенно нарастает, если оно отвечает этим интересам. Сотрудничество может осуществляться на нескольких уровнях, от ограничения обменом информацией до совместного владения и инвестирования в инфраструктуру. Каждый уровень сотрудничества предлагает свои потенциальные выгоды, вместе с тем оптимальный уровень сотрудничества зависит от целого ряда факторов, от гидрологических характеристик до экономической эффективности совместных инвестиций. Этот раздел посвящен разделению выгод сотрудничества при решении нексус-проблем ВЭПЭ на трансграничных реках.

Введение

Принцип разделения выгод является одним из механизмов совместного управления трансграничными реками. Этот принцип учитывает наличие множества полезных свойств воды, которые могут принести выгоды в различных частях бассейна, в его верхнем, среднем или нижнем течении. Использование этого принципа позволяет учесть экономические, политические и экологические аспекты конкретного речного бассейна, способствует его комплексному развитию и решению тем самым нексус-проблем (Escobar и др., 2016; Phillips и др., 2006). К сожалению, механизм совместного использования выгод не отмечен в явном виде ни в одном международном правовом документе (McIntyre 2015).

Вместе с тем, в мире много примеров успешного использования данного механизма в управлении трансграничными речными бассейнами, например, бассейнов реки Анд в Южной Америке (Escobar и др., 2016), Колумбия в Северной Америке (Giordano и Wolf, 2003; Muckleston 2003), Сенегал в Африке (Alam и др., 2009), и Меконг в Азии (Lee 2015). В то же время реализация этого механизма в других регионах или трансграничных речных бассейнах имеет значительные трудности (Alam и др., 2009), например, между Китаем, Индией и другими странами (Biba 2018; Вага и др., 2018). Применение этого механизма особенно важно в тех случаях, когда управления водными ресурсами является моносекторным и это создаёт нексус-проблемы как между секторами экономик, так и верхним и нижним течением речных бассейнов. Примером таких условий являются бассейны рек Амударья и Сырдарья.

Какие выгоды подлежат совместному использованию и насколько важно, чтобы совместное использование выгод воспринималось как установленный принцип управления трансграничными водными ресурсами? Влияет ли на понимание распределения выгод географическая принадлежность? Каким образом совместное использование выгод стимулирует страны к разработке дипломатических механизмов

и примирению разногласий в их потенциально конкурирующих интересах в отношении общих водных ресурсов? Ответы на данные вопросы помогают выявить различные взглядов на разделение выгод и связанные с ним концепции, что облегчает объяснение и интерпретацию различной степени сотрудничества между прибрежными странами.

Концепция разделения выгод (КРВ)

Совершенствование управления водными ресурсами, в том числе трансграничными, было в центре внимания исследований в XX веке (Giordano и Wolf, 2003). Результатом исследований явилась аналитическая схема, описывающая различные выгоды сотрудничества (Sadoff и Grey, 2002). В своей основе КРВ служит защите экосистем, тем самым улучшая условия проживания населения, проживающего на общей реке. Концепция КРВ определяется как "любое действие, направленное на изменение распределения затрат и выгод, связанных с сотрудничеством, что в большинстве случаев требует их некоторого перераспределения или компенсации" (Sadoff и Grey, 2005). Часто, при использовании водных ресурсов имеют место конкурирующие и противоречивые интересы, которые определяют характер взаимодействия и степень разделения выгод, получаемых от рек (Zeitoun и Warner, 2006). При наличии нехус проблем в речных бассейнах, приоритет в управлении водными ресурсами отдаётся нуждам населения в питьевой воде, или производству продовольствия, выработки электроэнергии или сохранению и приумножению экосистемных услуг. Выделение приоритетных отраслей водопользования не всегда приводит к устойчивому развитию, поскольку имеют место нехус-проблемы. Кроме того, необходимо учитывать пространственно-временной характер проблемы – действия, приводящие к выгодам на местном уровне, могут вести к проблемам на глобальном уровне, и выгоды на современном этапе могут иметь негативные последствия в будущем.

Реализация механизма КРВ неразрывна связана с водной дипломатией. Водная дипломатия — это "процесс, который поощряет и опирается на взаимное сотрудничество и идею совместной выгоды", которую "можно рассматривать как оперативный конечный продукт процесса водной дипломатии, причем сама цель сотрудничества определяется дипломатическим процессом" (Keskinen и др., 2021). Распределение выгод рассматривается как краеугольный камень в развитии водной дипломатии (Keskinen и др., 2021). В то время как одностороннее развитие бассейна реки или региона ведёт к проблемам в других отраслях экономики, механизм КРВ позволяет странам разработать режимы совместного управления речными бассейнами (Daoudy 2007; Middleton и Devlaeminck 2020). В большинстве стран, где водные ресурсы используются для получения энергии, продовольствия или других средств к существованию населения, важно изучение связанных, часто противоречивых, межотраслевых интересов (Huda и Ali, 2018; Rahaman и Hossain, 2020; De Strasser и др., 2016).

В развитии водной дипломатии важную роль может играть международное право. основополагающими документами являются Конвенция ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер, 1992 г. (www.un.org) и Конвенция ООН о праве несудоходных видов использования международных водотоков, 1997 г. (www.un.org). Прошедший период показывает, что эти конвенции

должны быть подкреплены конкретными механизмами для достижения взаимоприемлимого понимания между прибрежными странами в преодолении нехороших проблем (Biswas 1999). Одним из этих механизмов является КРВ.

Для механизма совместного использования выгод характерны два ключевых элемента, которые определяют реализацию этого принципа. Первый это типы выгод, подлежащих совместному использованию, и экологическая компенсация, облегчающая практику совместного использования этих выгод.

Sadoff и Grey (2002) выделили 4 типа выгод, что включает в себя:

- 1) экологические выгоды рекам или речным бассейнам,
- 2) прямые экономические выгоды от рек,
- 3) политические выгоды от снижения затрат из-за реки,
- 4) не прямые выгоды за пределами реки.

Детали выгод по типам приведены в Таблице 1.

Экологические выгоды способствуют устойчивому развитию речных бассейнов; прямые экономические выгоды включают в себя такие товары, как электроэнергия, продукты питания и экосистемные услуги (Alam и др., 2009). Попытка достижения экономического максимума часто затруднена наличием противоречий между различными отраслями экономики и не служит устойчивому развитию, поскольку не удается избежать экологического ущерба.

Таблица 1. Типы выгод сотрудничества на трансграничной реке

Тип	Проблема	Возможности
Тип 1. Выгоды реке	Деградация качества воды, проблемы водосбора, болот, биоразнообразия	Улучшение качества воды, характеристик стока реки, сохранение почв, биоразнообразия и в целом устойчивости
Тип 2. Увеличение выгод от реки	Увеличение требований на воду, нехорошие проблемы ВЭПЭ, одностороннее управление и развитие	Улучшение и согласованное управление водными ресурсами для гидроэнергетики и сельскохозяйственного производства, управление наводнениями и засухой, судоходство, охрана окружающей среды, качества воды и рекреации
Тип 3. Сокращение затрат из-за реки	Натянутые межстрановые отношения и различные экономические механизмы в прибрежных странах	Сотрудничество и развитие, уменьшение разногласий и конфликтов, от самообеспечения продовольствием и энергией к водной и энергетической безопасности, снижение риска конфликтов и затрат на вооружение
Тип 4. Увеличение выгод вне реки	Региональная фрагментация	Интеграция региональной инфраструктуры, рынка и торговли

Политические выгоды представляют собой как символические, так и реальные преимущества для стран, когда они достигают соглашения о том, как лучше всего извлечь выгоду из коллективного использования общих водных ресурсов. Косвенные выгоды за пределами реки включают целый ряд преимуществ, часто превосходящих экологические и экономические выгоды, в том числе, например, торговлю и региональное развитие (Alam 2009; Sadoff и Grey, 2002; Hensengerth и др., 2012; Qaddumi 2008).

Среди различных видов потенциальных выгод в трансграничном речном бассейне, наиболее важное значение имеют те, которые устойчиво доступны в ближайшей и отдаленной перспективе без ущерба экосистемам (Biba 2018; Sadoff и Grey 2002). Однако часто наблюдается тенденция предпочтения кратковременных сиюминутных экономических выгод, жертвуя при этом экологическими (Lee 2015; Tarlock и Wouters, 2007). Остаются вопросы о том, все ли эти виды выгод используются на практике, воспринимаются ли экологические выгоды как основа для других выгод.

Для облегчения реализации принципа разделения выгод может быть рассмотрена экологическая компенсация, которая представляет собой механизм, включающий финансовую компенсацию, материальную компенсацию и политическую поддержку, что предполагает обусловленные платежи поставщикам ресурсов за их услуги по охране окружающей среды и ориентирован на достижение цели экологической защиты окружающей среды с помощью стимулов. Согласно Huang и Zheng (2012), в соответствии с принципом компенсации экологических выгод, страны-бенефициары, выплатившие компенсацию, будут еще больше осознавать ценность этих ресурсов и экологической среды, в сохранение которой они внесли вклад (Sadoff и Grey, 2005).

Сотрудничество в использовании трансграничных рек. Термин "трансграничные реки" использован для обозначения рек протекающих по территории более чем одной страны, а "международные воды" для обозначения пресных вод, бассейны которых расположены в пределах границ более чем одного государства. Около 40% населения мира проживает в бассейнах международных рек. Можно ожидать, что по мере роста населения и экономики, а также по мере более полного освоения национальных водных ресурсов, несутся-проблемы особенно присущие бассейнам трансграничных рек будут нарастать и могут стать серьезными преградами для их устойчивого развития.

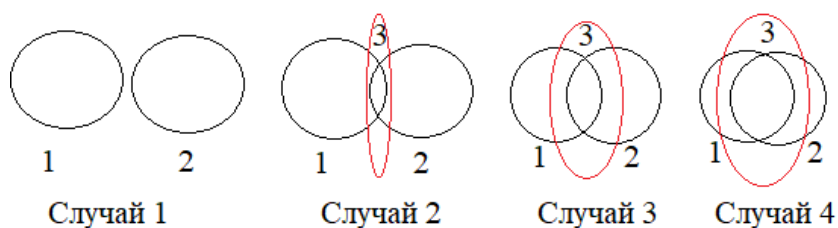
Решению этих проблем может служить сотрудничество прибрежных стран. В данном разделе рассматриваются варианты сотрудничества, которые могут быть применены для бассейнов трансграничных рек. Целью этих анализов является поиск возможностей перехода от узких национальных интересов к сближению на основе общей программы сотрудничества. Степень этого перехода будет определяться восприятием каждой из сторон тех выгод, которые она может получить от сотрудничества.

Сближению позиций в рамках совместных интересов может способствовать ряд важных и практических шагов:

Во-первых, необходимо максимально расширить представление о диапазоне и

масштабах потенциальных выгод - от очевидных до менее очевидных. Во-вторых, необходимо изучить возможности распределения выгод и перераспределения затрат и выгод от сотрудничества, чтобы определить программу сотрудничества, которая будет восприниматься всеми сторонами как справедливая. В-третьих, необходимо выявить альтернативные способы сотрудничества и отобрать среди них соответствующие, обеспечивающие наиболее чистые выгоды. Каждый из этих шагов рассматривается ниже.

Сближение национальных интересов. Каждая прибрежная страна имеет свою собственную национальную программу в отношении международной реки. В бассейне трансграничной реки могут иметь место, как минимум, две отдельные национальные программы (Sadoff и Grey, 2005). Если имеет место пересечение этих программ, то может иметь место и третья, совместная. По мере сотрудничества эта новая программа может расширяться, превратившись в программу сотрудничества двух стран, каждая из которых будет рассматривать её как свою национальную. Формирующаяся единая программа сотрудничества должна будет обеспечивать выгоды, превышающие сумму двух не сотрудничающих национальных программ, и, таким образом, станет рациональным выбором каждой суверенной страны (Рис. 1).



1 = Программа действий страны 1
 2 = Программа действий страны 2
 3 = Программа сотрудничества

Рис. 1. Развитие сотрудничества в управлении трансграничной рекой (Sadoff и Grey, 2005)

Сотрудничество на трансграничной реке может принести пакет выгод, которые позволят сделать целое больше, чем сумма частей, в том числе и потому, что рассмотрение речного бассейна как единой системы позволяет оптимизировать управление водными ресурсами.

Преимущества сотрудничества: Взгляд за пределы реки. Первым шагом к сотрудничеству является признание максимально широкого спектра потенциальных выгод, которые оно может принести. Сотрудничество будет трудно реализовать на практике, если выгоды будут восприниматься как недостаточные по сравнению с затратами на сотрудничество, которые могут быть очень велики. Sadoff и Grey (2002) выделили четыре типа кооперативных выгод:

1. Первый тип выгод связан с экосистемами—сотрудничество обеспечивает выгоды *для реки*, которые лежат в основе всех других выгод, что могут быть получены.

2. Второй тип выгод связан с эффективным совместным управлением реками, что позволяет получать значительные выгоды *от реки*, например увеличение производства продовольствия и энергии.
3. Третий тип выгод приводит к снижению напряженности в результате сотрудничества, что снижает затраты связанных с *рекой*.
4. Четвертый тип выгод связан с расширением сотрудничества между прибрежными странами, и экономической интеграцией между государствами, что создает выгоды *за пределами реки* (Рис. 2).

Значимость каждого типа выгод будет существенно различаться для различных речных бассейнов. Относительная величина потенциальных выгод в конкретном бассейне будет зависеть от физических возможностей, затрат, и типа сотрудничества между прибрежными странами. Реализация выгод может осуществляться в различной последовательности. Реализация экологического (тип 1) или прямого экономического сотрудничества (тип 2) может привести к росту политического (тип 3) и косвенного экономического сотрудничества (тип 4) - или наоборот. Совместное рассмотрение различных типов выгод позволяет скоординировать интересы сторон, получающих выгоды и согласовать распределение затрат и выгод.

Приоритетное сотрудничество по отдельным отраслям экономики может привести к тому, что динамика реализации выгод может быть как положительной, так и отрицательной. Например, продвижение сотрудничества по типу 3 может способствовать сотрудничеству по типам 1 и 2, а неудачи в сотрудничестве по типу 3 могут препятствовать сотрудничеству по типам 1 и 2.

Достижение справедливого распределения затрат и выгод. Еще одним очень сложным шагом в содействии сближению национальных интересов является анализ распределения выгод от сотрудничества. Получение чистых выгод для бассейна в целом, не обязательно обеспечит чистые выгоды для каждой страны. Проекты, приносящие чистые выгоды в масштабах всего бассейна, могут способствовать значительным выгодам для одной из стран, в то время как значительные затраты и чистые убытки может понести другая. В подобных случаях, механизмы совместного использования выгод могут быть решающими для продвижения сотрудничества, когда первоначальное распределение выгод представляется несправедливым.

Под совместным использованием выгод можно понимать любые действия, направленные на изменение распределения затрат и выгод, связанных с сотрудничеством. Сюда входят выгоды всех четырех типов и все затраты, связанные с сотрудничеством. Затраты на сотрудничество могут включать как затраты на институциональные, так и физические на освоение и управление реками или любые другие затраты, которые соглашающиеся стороны договорились включить в рассмотрение (например затраты на распределение гидроэлектроэнергии).

В большинстве случаев совместное использование выгод требует определенного перераспределения или компенсации, что в значительной степени зависит от конкретной ситуации. Совместное использование выгод позволяет прибрежным государствам выделить вопросы физического развития реки (где осуществляется

деятельность) и вопросы экономического распределения выгод (кто получает выгоды от этой деятельности).

Это позволяет прибрежным территориям сосредоточиться: во-первых, на получении выгод в масштабах всего бассейна, во-вторых, на распределении этих выгод таким образом, чтобы это было признано справедливым.

Более того, концентрация на распределении выгод, получаемых от использования воды, а не на самом распределении воды, даёт гораздо больше возможностей для определения взаимовыгодных совместных действий. Хотя распределение воды, особенно в международных системах, часто вызывает споры, в основе интересов большинства прибрежных государств лежит стремление получить выгоду от использования водных ресурсов.

Для того чтобы договориться об управлении и освоении международных рек, прибрежные государства могут сосредоточить свои переговоры на распределении прав на воду или на распределении выгод, получаемых от водопользования, как показано в Таблице 2 (Sadoff и Grey, 2005).

Концепция совместного использования водных ресурсов путем правовых уступок есть наиболее широко признанный механизм участия прибрежных государств в использовании международных рек. При этом руководящими являются принципы, закрепленные ранее в Хельсинских правилах по использованию вод международных рек 1966 года, а в настоящее время в конвенции ООН о праве несудоходных видов использования международных водотоков 1997 года.

Таблица 2. Фокусы для переговоров прибрежных сторон (Sadoff и Grey, 2005)

Вододеление	Разделение выгод
Вододеление путем выделения прав, объема или доли стока	Прямая оплата за водопользование (коммунальное водоснабжение, орошение) (права определены) Прямая оплата за выгоды (рыболовство, управление водосбором) или компенсации за затраты (загрязнение, затопленные земли) Соглашение покупки (энергии, сельскохозяйственных продуктов) (передача выгод через условия или цены) Соглашения финансирования и собственности (ГЭС) (передача выгод через структуру сделки) Расширенный круг выгод включая обеспечение несвязанных с водой продуктов и сервиса и менее значимых повторяющихся выгод

Международное водное право устанавливает основу, на которой основывается "разумное и справедливое" использование международных водотоков. Конвенции ООН, обязует обращать особое внимание "требованиям жизненно важных человеческих потребностей", другие факторы не имеют приоритетов.

Во многих случаях водопользование развивается на уровне отдельных государств, а не в масштабах отдельных речных бассейнов. Более того, по мере роста численности населения, "разумное и справедливое" распределение водных ресурсов

между прибрежными странами становится труднодоступным из-за нарастающей нехватки воды; поэтому распределение прав на воду может оказаться неэффективным. Поэтому развитие сотрудничества связано с разумным и справедливым распределением затрат и выгод.

Совместное использование воды путем уступки прав. Уступка прав реализуется следующими путями:

1. Прямой оплатой водопользования (например, коммунальное или ирригационное) (права уже закреплены)
2. Прямой оплатой выгод (например рыболовство, управление водосбором) или компенсацией за затраты (например затопление земель, загрязнение окружающей среды).
3. Договорами купли-продажи (например электроэнергии, сельскохозяйственной продукции) (передача выгод через условия/цену)
4. Соглашениями о финансировании и владении (например, энергетической инфраструктурой) (передача выгод через структуру сделки)
5. Расширением пакета выгод, включая предоставление не связанных с водой товаров, услуг и менее ощутимых выгод.

Прямая оплата за воду - это альтернативный механизм переуступки прав на воду, который предоставляет покупателю возможность получать выгоду от использования воды без передачи прав на воду. Этот механизм может быть использован в бассейнах с уже распределенными правами на воду и где схема сотрудничества предусматривает увеличение забора воды одной из прибрежных стран. Другим механизмом перераспределения водопользования между прибрежными странами в рамках согласованной структуры компенсации являются международные водные рынки. Такие рынки позволяют прибрежным странам покупать и продавать права на водопользование на определенный срок, что не обязательно отразится на существующих договорных правах на воду. Цена и количество прав на водопользование могут определяться рынком, или же они могут быть предметом переговоров. Соглашения, касающиеся цены на воду, объема предоставляемой воды или правомочности покупателей, влияют на распределение выгод, получаемых от использования воды.

Выплаты за выгоды (или компенсация затрат) могут осуществляться в рамках кооперативной схемы. Например, прибрежные жители могут получать компенсацию за затопление земель в результате забора воды другим прибрежным водопользователем. В некоторых случаях целесообразно осуществлять выплаты жителям верхнего течения за управление водосбором, приносящее выгоды в нижнем течении (например снижение паводков, затопление земель). Таким образом, бережное отношение к верховьям рек и водосборным бассейнам может дать право жителям верхнего течения на получение определенной доли выгод, которые получают в нижнем течении, и, соответственно, нести расходы, связанные с этим управлением. В противном случае, если бы они не защищали водосбор, это привело бы к возникновению издержек у тех, кто находится ниже по течению. Вместе с тем, если имеет место загрязнение стока реки в верхнем течении, в результате чего водопользование в нижнем течении связано с дополнительными затратами, то жители верхнего течения могут компенсировать

затраты жителей нижнего течения.

Торговые соглашения есть гибкий инструмент распределения выгод. Соглашение о покупке обычно заключается на электроэнергию, но она также может заключаться на водоснабжение, рыболовство, сельскохозяйственную продукцию и т. д. Оговоренная в соглашении о покупке цена может эффективно перераспределять выгоды от водопользования между прибрежными странами. Каждая из сторон, стремится получить больше выгод от сделки, но она должна быть готова к согласованию – более высокая согласованная цена передаст пропорционально больше выгод продающему прибрежному субъекту, в то время как более низкая согласованная цена распределит больше выгод покупающему прибрежному субъекту.

В результате подписания соглашения о покупке целый ряд сценариев могут стать взаимовыгодными. Например, если одна из прибрежных стран обладает водными ресурсами или гидроэнергетическими мощностями, но не имеет достаточного национального спроса на воду и/или электроэнергию, а другая имеет незначительные водные ресурсы и гидроэнергетические мощности, но значительный спрос на воду и/или электричество, то от такой торговли выиграют оба участника. Разделение выгод от использования водных ресурсов может содействовать преодолению нексус-проблем между сельским хозяйством и гидроэнергетикой.

Торговля продуктами сельского хозяйства может способствовать повышению продуктивности воды в целом по речному бассейну и обеспечить водосбережение, если размещение сельскохозяйственных культур будет вестись в пределах бассейна с учётом потребления воды. Такая торговля продуктами сельского хозяйства приведёт к торговле виртуальной водой.

Торговые соглашения могут также обеспечить гарантии получения доходов, которые могут быть использованы на финансирование крупномасштабных проектов. Механизмы финансирования могут использоваться для распределения и передачи выгод через структуру сделки, особенно в тех случаях, когда совместное управление требует крупномасштабных инвестиций в инфраструктуру. Одна из прибрежных сторон может предоставлять финансирование другой стороне в качестве средства содействия инвестициям, а если соглашение о финансировании заключается не на строго рыночных условиях, то в качестве средства перераспределения выгод. Совместное финансирование кооперативных проектов, возможно, с привлечением акционерного капитала.

Наличие таких механизмов упрощает переговоры по трансграничным водам, если на их основе подготавливаются и всеми заинтересованными сторонами принимаются совместные проекты. Для мотивации и поддержания сотрудничества необходимо, чтобы все прибрежные государства считали "справедливой" схему совместного управления бассейном, которая максимизирует общие выгоды.

Важным также становится значимость совместных выгод. Например, если распределение выгод происходит между водопользователями, расположенными в различных участках реки в оптимальном сценарии сотрудничества, но считается не справедливым, поскольку оно обеспечивает определенному прибрежному участку меньшую долю выгод, чем он получил бы в отсутствие сотрудничества, могут потребоваться дополнительные механизмы распределения выгод для мотивации

сотрудничества. Несправедливость в распределении выгод может сделать сотрудничество неприемлемым для отдельных водопользователей, даже если сотрудничество может принести большую выгоду для всех. Таким образом, озабоченность распределенными выгодами торговых партнеров может влиять на восприятие справедливости и, быть критическим фактором сохранения сотрудничества.

Способы сотрудничества: Непрерывность процесса. Следующим шагом в развитии сотрудничества является выявление различных форм сотрудничества, которые могут быть использованы для достижения той или иной цели.

Гидрологические условия, инвестиционные возможности, и потенциальные механизмы распределения выгод в каждом бассейне определяют оптимальный тип сотрудничества. В некоторых бассейнах для оптимального совместного управления может быть достаточным обмен информацией и проведение стратегических оценок в масштабах всего бассейна. В других бассейнах совместные действия по регулированию речного стока, хранению воды, смягчению последствий засухи и наводнений принесут значительные чистые выгоды.

Непрерывный процесс сотрудничества может быть организован по принципу:

- a) односторонних действий (независимые, непрозрачные национальные планы),
- b) координации (коммуникация и информация о национальных планах),
- c) сотрудничества (адаптация национальных планов для получения взаимной выгоды) и
- d) совместных действий (совместные планы, управление или инвестиции) (Рис. 2).

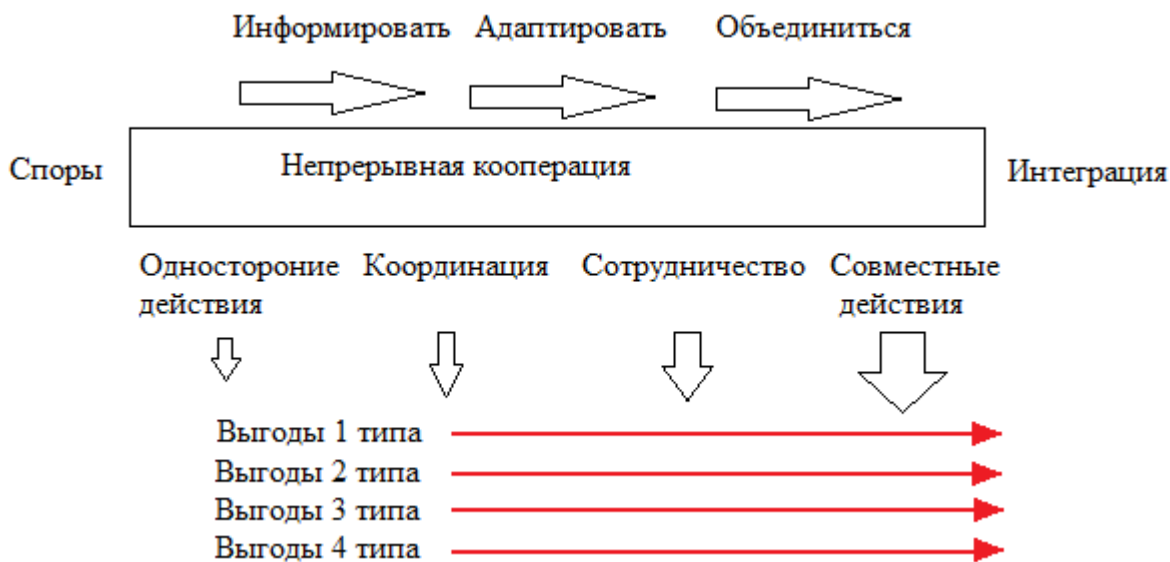


Рис. 2. Типы сотрудничества (Sadoff и Grey, 2005)

А. Отсутствие сотрудничества, общения или обмена информацией по вопросам управления и развития общей реки характерны для бассейнов, где реализуются односторонние национальные действия. Такие условия не только лишают возможности получить выгоду, но и могут привести к ситуации, когда схемы развития и

инвестирования прибрежных стран будут подрывать друг друга. Совокупным воздействием этих нескоординированных действий могут быть сокращение стока или ухудшение качества воды в реке до такой степени, в худшем случае оно может привести к конфликтам, в результате чего вся деятельность может оказаться под угрозой.

В. Координация достигается путем обмена или совместного сбора информации в бассейне. Улучшение прогнозирования стока и повышение готовности к наводнениям и засухам являются примерами выгод обмена гидрологической информацией между сотрудничающими сторонами. Обмен информацией о планах развития помогает специалистам оценить трансграничное воздействие, затраты и выгоды национальных проектов, и тем самым избежать взаимоисключающих решений. Координация действий на трансграничных реках усиливает доверие и снижает напряженность, тем самым обеспечивает страны выгодами первого и второго типа (Рис.2) и в некоторых случаях выгодами третьего типа. Региональные оценки, проводимые совместными усилиями, могут стать платформой для информационной симметрии, способствующей более интенсивному сотрудничеству.

С. Там, где есть сотрудничество, национальные планы адаптируются как для получения выгод, так и для смягчения ущерба соседней прибрежной стране. Сотрудничество может принести выгоды всех четырех типов, что может быть достигнуто путем специальной адаптации текущих планов, и с помощью согласованных портфелей национальных проектов, разработанных с учетом специфики бассейна. Сотрудничество на трансграничных реках может позволить странам получить прямые выгоды первого и второго типов. Для справедливого перераспределения выгод используют механизмы совместного использования выгод, что укрепляет доверие между странами, и обеспечивает возможность получения выгод третьего и даже четвертого типов.

Д. Совместные действия предполагают участие прибрежных стран в качестве партнеров в разработке, инвестировании и реализации проектов по трансграничным рекам. На наличие наибольшей степени сотрудничества указывает использование механизмов совместного использования выгод, таких как совместное владение и управление активами.

Совместные действия прибрежных стран включают привлечение частного сектора, использование современных методов управления и инвестирования, позволяющие оптимизировать прямые выгоды 1-го и 2-го типов, а также косвенные выгоды 3-го и 4-го типов. Совместные действия особенно важны для бассейнов, в которых потенциал сотрудничества незначителен, а также высок уровень недоверия. Помимо получения прямых выгод типов 1 и 2, совместные действия могут стать мощным инструментом для получения косвенных выгод типов 3 и 4.

Более широкое сотрудничества не обязательно будет лучше. Сотрудничество предполагает разные виды деятельности и страны могут адаптировать свою деятельность для увеличения или уменьшения интенсивности сотрудничества в ответ

на новые возможности внутри страны или за её пределами. Этот процесс итеративный, возможности для сотрудничества могут повторяться, а успехи предыдущего сотрудничества будут способствовать его расширению.

При планировании форм сотрудничества, основной задачей является определение правильного типа сотрудничества, при котором выгоды от сотрудничества перевешивают затраты, а процесс и результат являются политически и социально приемлемыми. Прибрежные страны будут стремиться к сотрудничеству в том случае, если они надеются получить больше выгод от сотрудничества, чем от односторонних действий, и если выгоды могут быть обеспечены через сотрудничество, которое они воспринимают как осуществимое, экономически эффективное и справедливое.

Целесообразность и экономическая эффективность сотрудничества может сильно различаться по бассейнам, а соответствующий уровень сотрудничества, необходимый для получения совместных выгод, будет зависеть от сочетания конкретных затрат и потенциальных выгод в той или иной речной системе. Даже элементарное сотрудничество может оказаться сложным и дорогостоящим, если, например, права на воду оспариваются, отношения натянуты или потенциал низок; однако выгоды от такого сотрудничества могут быть высокими.

С другой стороны, затраты на интенсивное сотрудничество могут быть незначительными, если институты, потенциал и отношения уже существуют. Таким образом, некоторые бассейны могут получить значительную долю потенциальных выгод от сотрудничества при низком уровне кооперации и прийти к выводу, что дальнейшие усилия по сотрудничеству не оправданы.

Достижение существенных выгод в некоторых речных бассейнах может потребовать значительных предварительных инвестиций в сотрудничество. Как затраты, так и выгоды при такой постановке могут сильно варьировать. Затраты включают финансовые, институциональные и политические издержки, а также стоимость упущенных односторонних возможностей (выгод). Выгоды могут включать все четыре типа, легко оцениваемые, а другие не поддающиеся количественной оценке выгоды, такие как международная добрая воля, региональная стабильность, сохранение ценных культурных и природных ценностей.

Различные формы совместной деятельности создают различные варианты распределения выгод (Рис. 3), и, соответственно, различные механизмы распределения выгод требуют различных уровней сотрудничества. Платежи за воду и платежи за выгоды, например, могут быть достаточно простыми. Создание водных рынков для итеративной торговли правами на водопользование потребует больших совместных усилий, равно как и заключение договоров купли-продажи и совместное финансирование или владение и управление.

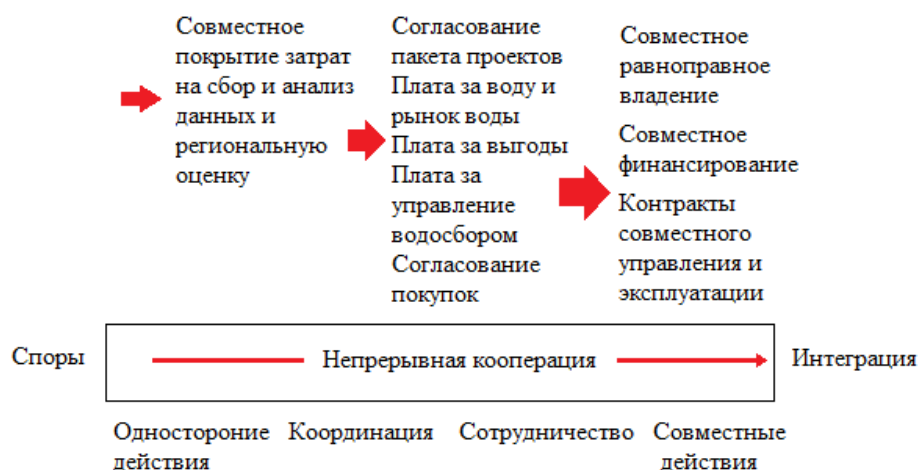


Рис. 3. Разделение выгод вдоль непрерывной кооперации (Sadoff и Grey, 2005)

Таким образом, механизмы совместного использования выгод сами становятся механизмами сотрудничества и связующими звеньями между прибрежными странами. Конкретная конфигурация затрат и диапазон выгод в бассейне определяют способ сотрудничества, который необходим для обеспечения совместных выгод. Задача состоит в том, чтобы справедливо распределить эти выгоды.

Совместные региональные оценки: содействие сотрудничеству. Совместные региональные оценки (СРО) — это инструменты, разработанные для развития сотрудничества на трансграничных реках. С одной стороны, СРО представляют собой региональные оценки по секторам (например, энергетика, сельское хозяйство) или темам (например, управление водосбором, наращивание потенциала). С другой стороны, СРО — это "кооперативный" процесс, объединяющий прибрежные страны (потенциально включающий правительство, частный сектор и гражданское общество) для достижения общего понимания, укрепления доверия, и достижения информационной симметрии с целью активизации сотрудничества. По сути, СРО являются практическими инструментами для выявления возможностей для региональных действий, для содействия признанию и оптимизации всех четырех видов выгод от сотрудничества, анализа распределения затрат и выгод, связанных с совместными региональными программами, а также определения механизмов распределения выгод и институциональных механизмов для реализации этих выгод. СРО обеспечивают анализ диапазона вариантов развития в масштабах всего бассейна и служат основой для определения и отбора соответствующих проектов. СРО менее детальны, чем анализ воздействия конкретных проектов, который проводится для тщательной оценки воздействия (экономического, экологического, социального и т.д.) отдельных проектов на сопредельные страны.

Непрерывное сотрудничество предполагает следующие шаги:

1. Односторонние действия. Задачи:

- Разделение затрат на сбор данных и анализ
- Разделение затрат на региональную оценку

2. *Координация и сотрудничество.* Задачи:

- Переговоры, согласование пакета проектов
- Плата за воду или рынок воды
- Плата за выгоды
- Плата за управление водосбором
- Соглашения по покупкам

3. *Совместные действия.* Задачи:

- Совместное равноправное владение
- Совместное финансирование
- Контракты совместного управления и эксплуатации

Отдельные СРО могут сильно различаться в зависимости от обстоятельств. СРО могут быть целостными исследованиями в масштабах всего бассейна, так и простыми кабинетными исследованиями, обобщениями на национальном уровне. В любом случае они способствуют формированию общего понимания и взаимоотношений. СРО должны носить стратегический характер, подчеркивая как можно более широкий спектр потенциальных проектов и выгод, а также имеющиеся варианты и возможности выбора для обеспечения и распределения выгод от сотрудничества.

Как правило, СРО включают в себя:

- Трансграничный анализ диапазона потенциальных выгод от сотрудничества, дающий представление о наилучших возможностях управления и развития рек в масштабах всего бассейна без учёта границ;
- Распределительный анализ относительной доли выгод и затрат для каждой прибрежной страны при альтернативных сценариях управления и развития (чтобы убедиться, что программа, направленная на максимизацию чистых выгод для бассейна в целом, также обеспечит приемлемые выгоды для каждой страны в отдельности), а также изучение различных вариантов более справедливого распределения затрат и выгод от сотрудничества (т.е. "с границами");
- Распределительный анализ относительной доли выгод и затрат для каждой прибрежной страны при альтернативных сценариях управления и развития (чтобы убедиться, что программа, направленная на максимизацию чистых выгод для бассейна в целом, также обеспечит приемлемые выгоды для каждой страны в отдельности), а также изучение различных вариантов более справедливого распределения затрат и выгод от сотрудничества (т.е. "с границами"); и
- Институциональный анализ возможных форм сотрудничества, необходимых для получения наибольших чистых выгод, с учетом затрат на сотрудничество.

СРО не являются переговорами и не определяют результаты. Вместо этого они изучают возможности сотрудничества в масштабах всего бассейна и являются неотъемлемой частью процесса укрепления доверия между прибрежными партнерами. СРО может служить основой для первоначального отбора и разработки проектов с целью повышения их эффективности, справедливости и осуществимости с точки

зрения всех прибрежных государств. СРО может предоставить прибрежным странам информацию необходимую для достижения консенсуса в отношении дальнейших действий по проектам, представляющим взаимный интерес. Таким образом, СРО может стать общей отправной точкой для переговоров, необходимых для согласования совместной региональной повестки дня.

Динамика сотрудничества: Усиление и итеративность. Добросовестные совместные усилия будут носить самоподдерживающийся характер - сотрудничество будет способствовать желанию сотрудничать. Сотрудничество может начаться где угодно, на любом уровне усилий, для достижения общей цели. Во многих случаях стратегическим будет подход, при котором первоначальные усилия будут направлены на те области, где существует наибольшая ясность в отношении потенциальных выгод и где требуется наименьшая адаптация национальных программ. В некоторых случаях стратегически важным может оказаться дальновидный и смелый подход, при котором прогресс в любой области поможет развить процессы взаимодействия, установить отношения и институты, а также получить импульс для более сложных начинаний. Совместная деятельность будет способствовать укреплению сотрудничества и создавать возможности для более сложных начинаний, но это не должно исключать усилий по получению более скромных выгод от сотрудничества. Выбирая "низко висящие плоды", можно получить конкретные выгоды от сотрудничества - даже если это сотрудничество на низком уровне.

Динамика итеративного сотрудничества состоит из трёх этапов.

1. Реализация. Задачи этапа:

- Определить выгоды
- Реализовать проекты отдельно или вместе
 - ✓ Получить реальные выгоды кооперации
 - ✓ Восстановить доверие и нарастить потенциал через сотрудничество
 - ✓ Мотивация дальнейшего сотрудничества путем обеспечения конкретных результатов

2. Анализ. Задачи этапа:

- Определить возможности сотрудничества
- Оценить реализацию региональных проектов
- Оценка регионального влияния

3. Переговоры

- Быть уверенным в принятии и реализуемости
- Восстановить доверие и нарастить потенциал через хорошие переговоры
- Мотивация дальнейшей кооперации соглашаясь на разные механизмы сотрудничества и распределения выгод
- Согласовать решение (переговорить пакет проектов, распределения выгод и правовых соглашений)

По мере освоения трансграничной реки будут возникать новые возможности для сотрудничества. Сотрудничество может начаться:

- на аналитической стадии, с использованием СРО для определения потенциальных выгод, жители прибрежных стран могут совместно изучать спектр потенциальных совместных проектов и выгод, а также их распределение;
- с переговоров, когда изучаются возможности адаптации или объединения проектов на основе сотрудничества, включая перераспределение затрат и выгод;
- с координации на этапе реализации проекта, с обмена информацией и коммуникации.

Такая динамика отчасти отражает циклический характер сотрудничества на трансграничных реках. Водные ресурсы будут на том же уровне, если не сокращаться, потребности в воде будут расти, отказ от сотрудничества будет становиться все более угрожающим, а сотрудничество - все более важным (Пример – бассейн Аральского моря). Опыт успешного сотрудничества может принести конкретные выгоды, укрепить доверие и отношения. Это меняет восприятие потенциальных выгод от сотрудничества и целесообразности совместной работы в пределах различных секторов, и верхнего и нижнего течения.

Выводы:

1. Для решения нехвост-проблем в бассейнах трансграничных рек и общего совершенствования их управления, наряду с согласованным принятием Конвенций ООН 1992 или 1997 года, необходимо согласование принципов распределения затрат и выгод сотрудничества. Это позволит использовать все 4 типа выгод сотрудничества.
2. *Механизм распределения выгод заключается в таком изменении распределения затрат и выгод, при котором каждая страна окажется в лучшем положении по сравнению со статус-кво.*
3. Для совершенствования управления водными ресурсами трансграничных рек необходим непрерывный процесс сотрудничества от реализации проектов, анализа, переговоров и реализации соглашений.

Использованная литература

1. Alam U., Dione O. & Jeffrey P. (2009). The benefit-sharing principle: implementing sovereignty bargains on water. *Political Geography*, 28 (2), 90–100.
2. Barua A., Vij S., and Rahman M. Z. (2018). Powering or Sharing Water in the Brahmaputra River Basin. *International Journal of Water Resources Development*, 34(5), 829–843.
3. Biba S (2018). China's "old" and "new" Mekong River politics: the Lancang-Mekong Cooperation from a comparative benefit-sharing perspective. *Water International*, 43(5), 622–641.
4. Biswas A. (1999). Management of International Waters: Opportunities and Constraints. *Water Resources Development*, 15(4), 429–441.
5. *Colorado Journal of International Environmental Law and Policy*, 18(3), 523–536.

6. Daoudy M. (2007). Benefit-sharing as a tool of conflict transformation: applying the inter-SEDE model to the Euphrates and Tigris river basins. *The Economics of Peace and Security Journal*, 2(2), 26–32.
7. De Strasser L., Lipponen A., Howells M., Stec S. & Brethaut C. (2016). A Methodology to Assess the Water Energy Food Ecosystems Nexus in Transboundary River Basins. *Water*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/w8020059>.
8. Escobar M., Carvajal B., Rubiano J. & Mulligan M. (2016). Building hydroliteracy among stakeholders for effective benefit sharing in the Andes. *Water International*, 41(5): 698–715.
9. Giordano M. & Wolf A. (2003). Sharing water: post-Rio international water management. *Natural Resources Forum*, 27, 163–171.
10. Hensengerth O., Dombrowski I. & Scheumann W. (2012). Benefit-sharing on dams on shared rivers. German Development Institute.
11. Huang X. & Zheng R. (2012). 论跨界河流生态受益者补偿原则. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 21(11), 1402–1407.
12. Keskinen M., Salminen E. & Haapala J. (2021). Water diplomacy paths—An approach to recognize water diplomacy actions in shared waters. *Journal of Hydrology*, 602, 126737
13. Lee S. (2015). Benefit sharing in the Mekong River basin. *Water International*, 40(1), 139–152.
14. McIntyre O. (2015). Benefit-sharing and upstream/downstream cooperation for ecological protection of transboundary waters: opportunities for China as an upstream state. *Water International*, 40(1), 48–70.
15. Middleton C. & Devlaeminck D. (2020). Reciprocity in practice: the hydrogeopolitics of equitable and reasonable utilization in the Lancang-Mekong basin. *International Environment Agreements*, 21, 235–253.
16. Muckleston, K. (2003). International management in the Columbia River system. PCCP Publication No. 12, UNESCO.
17. Phillips D., Phillips M., Daoudy S., McCaffrey J., Ojendal A. & Turton (2006). Transboundary water cooperation as a tool for conflict prevention and broader benefit-sharing, *Global Development Studies* no. 4, Edita, Stockholm.
18. Rahaman M.M. & Hossain M.S. (2020). Hydropower development along the major rivers basins in South Asia: benefits for Bangladesh. *Sustainable Water Resources Management*, 6, 116. <https://doi.org/10.1007/s40899-020-00479-4>
19. Qaddumi H. (2008). *Practical Approaches to Transboundary Water Benefit Sharing*. Overseas Development Institute: London, UK.
20. Sadoff C. & Grey D. (2002). Beyond the river: The benefits of cooperation in international rivers. *Water Policy*, 4(5), 389–403.
21. Sadoff C. & Grey D. (2005). Cooperation on International Rivers: A Continuum for Securing and Sharing Benefits. *Water International*, 30(4), 420–427
22. Soliev I. & Theesfeld I. (2020). Benefit Sharing for Solving Transboundary Commons Dilemma in Central Asia. *International Journal of the Commons*, 14(1), 61–77.
23. Tarlock A.D. & Wouters P. (2007). Are shared benefits of international waters an equitable apportionment?

24. Timmerman J. & Langaas S. (2005). Water information: what is it good for? The use of information in transboundary water management. *Regional Environmental Change*, 5, 177–187.
25. Xie L, Xu L, Yu Q (2023) Benefit sharing in international rivers: A Q-methodology study of regional understanding and perception in Asia. *PLoS ONE* 18(1): e0280625. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280625>
26. Zeitoun M., & Warner J. (2006) Hydro-hegemony—A framework for analysis of transboundary water conflicts. *Water Policy*, 8(5), 435–460.

3.2. ПРИМЕРЫ СОТРУДНИЧЕСТВА СТРАН ПО ТРАНСГРАНИЧНЫМ РЕКАМ

Аннотация. Этот раздел посвящён механизмам совместного использования выгод, применимым к конкретному случаю зарегулированных трансграничных рек. На первом шаге рассмотрена концептуальная схема распределения выгод. Вторым шагом - проверка этой концепции на существующих плотинах на примере рек Сенегал, Колумбия, Оранжевая-Сенку, Нил и Замбези, а также изучение используемых механизмов распределения выгод путем обзора литературы. На третьем шаге анализируются факторы, влияющие на распределение выгод.

Введение

Возможности получения выгод от сотрудничества зависят от согласованности гидрологических и политических границ и расположения плотины по отношению к ним, а также от целей и внешних эффектов конкретной плотины.

Стимулы к сотрудничеству по плотинам на общих реках существуют, если: (i) *сотрудничество позволяет преодолеть экономические или финансовые ограничения на односторонние действия* (Сенегал); (ii) *изменение конструкции плотины в верхнем течении реки приводит к увеличению совокупных чистых выгод* (Колумбия); (iii) *размещение плотины выше по течению приводит к увеличению совокупных чистых выгод* (Оранжевая-Сенку); (iv) *компенсация отрицательных внешних эффектов в верхнем течении исключает конфликты* (Нил); и (v) *совместная плотина на пограничной реке приносит взаимную выгоду* (Замбези).

Приведенные примеры показывают, что возможны различные механизмы распределения выгод: (A) затраты распределяются в зависимости от выгод, когда плотины находятся в совместной собственности (Сенегал, Замбези); (B) сторона, совершенствующая в одностороннем порядке проект плотины, получает компенсацию за любые убытки, которые она несёт в результате этого изменения, и чистые выгоды от сотрудничества распределяются (Колумбия); или (C) государство, расположенное ниже по течению, убеждает государство, расположенное выше по течению, построить

плотину, покрывает расходы и совместно использует чистые выгоды, получаемые от строительства плотины (Оранж-Сенку).

В данном разделе показано, как политические и институциональные факторы влияют на вероятность распределения выгод от строительства плотин на трансграничных реках. Игнорирование негативных экологических и социальных проблем может привести к конфликтам и длительным повторным переговорам на более позднем этапе. Анализ указанных примеров показывает, что: (1) совместное использование выгод — это обширная тема, одним из компонентов которой является строительство плотин, и: (2) что формирование "широкой корзины" возможных выгод повышает шансы на создание успешных схем их совместного использования.

В разделе рассмотрены следующие вопросы:

- (1) Что понимается под совместным использованием выгод и каковы особенности применения механизма совместного использования выгод к плотинам на трансграничных реках?
- (2) Какие типы механизмов совместного использования выгод применимы к плотинам, чем они отличаются и где их можно встретить на практике?
- (3) Какая политическая и институциональная среда благоприятствует реализации данного механизма.

Концепция совместного использования выгод на трансграничных реках. Концепция распределения выгод в контексте совместного использования рек подразумевает переход от простого распределения объёма воды к более сложному распределению выгод, получаемых от использования реки (Sadoff и Grey 2002; 2005; Klaphake 2005; Phillips et al. 2006; Dombrowsky 2009).

Перспектива возможности получения существенных выгод в результате сотрудничества, а не сохранения статус-кво или принятия односторонних мер, побуждает страны сотрудничать друг с другом в использовании трансграничных рек. Концепция подразумевает, что страны могут превратить предполагаемую игру с нулевой суммой при распределении воды, т.е. выделение большего количества воды стране А приводит к уменьшению количества воды для страны Б, в игру с положительной суммой, т.е. в беспроигрышную ситуацию, в которой все прибрежные страны находятся в лучшем положении при сотрудничестве, чем без него (Biswas 1999; Giordano и Wolf, 2003).

Этого можно достичь, если рассматривать водопользование с экономической точки зрения: вместо того чтобы рассматривать водопользование в количественных терминах, страны должны воспринимать реку как производственный ресурс и пытаться увеличить, а в идеале - максимизировать экономические выгоды от его использования и так распределить их, чтобы всем сторонам было лучше, чем при существующем положении вещей.

Максимизация экономических выгод, получаемых от реки, может привести к тому, что она будет использоваться в ущерб окружающей среде и водным экосистемам или уязвимым социальным группам. Поэтому, любая деятельность по развитию должна исключать или полностью компенсировать экологически и социально негативные последствия.

Phillips и др. (2006) утверждают, что выгоды могут быть получены в экономической, экологической сферах или в сфере безопасности и что деятельность в этих различных сферах может иметь побочные эффекты. Они предлагают определить факторы безопасности, экономики и экологии в трансграничных речных бассейнах и, исходя из этого, возможности для развития на различных уровнях (домашнем, субнациональном, национальном, региональном, глобальном) в каждой из этих сфер.

Согласно Hensengerth и др. (2012), Общество по Развитию Юга Африки (SADC) выделило восемь категорий выгод:

- 1) экономические (т. е. экономический рост за счет расширения экономической деятельности и торговли);
- 2) экологические (т. е. сохранение природы для защиты вод бассейна);
- 3) сельскохозяйственные (т. е. расширение сельскохозяйственного производства и торговли сельскохозяйственными товарами);
- 4) социальные (т. е. снижение уровня бедности);
- 5) политические (т. е. повышение политической стабильности в бассейне);
- 6) гидрологические (т. е. обеспечение режима сезонного стока);
- 7) физические (т. е. согласованные изменения физических характеристик земель).

Dombrowsky (2009; 2010a; 2010b) рассматривает стимулы у прибрежных стран для ведения переговоров и расширения пакета выгод, а также как прибрежные страны могут распределять или делить затраты и выгоды. Для этого, по ее мнению, полезно проанализировать выгоды и потенциальные негативные и позитивные внешние эффекты фактического или планируемого водопользования отдельных стран.

Преимущество такого подхода заключается в том, что он непосредственно показывает, как сотрудничество изменяет выгоды для каждой страны-участника по сравнению со статус-кво или односторонними действиями. *Механизм распределения выгод заключается в таком изменении распределения затрат и выгод, при котором каждая страна окажется в лучшем положении по сравнению со статус-кво.*

Отправной точкой для размышлений о распределении выгод в контексте плотин на общих реках является заинтересованность отдельных стран бассейна в развитии своих водных, энергетических и продовольственных ресурсов и экосистемных услуг в интересах национальной экономики. Эта заинтересованность распространяется на производство энергии и расширение орошаемого земледелия для удовлетворения потребностей в продовольственной и энергетической безопасности, и смягчении их негативного влияния на природный капитал.

Однако получение выгод от строительства плотины в одной стране может иметь внешние последствия как для местного населения, так и для других стран. Такие "внешние эффекты" или "экстерналии" возникают при использовании воды. Так, эксплуатация плотины в верховьях трансграничной реки в целях выработки электроэнергии может сократить летний сток реки в нижнем течении, что может создать дефицит продовольствия в странах, расположенных в этой части бассейна реки.

И наоборот, плотина в верховьях реки может создавать и положительные внешние эффекты в низовьях реки, если она улучшает защиту от наводнений в низовьях реки, и обеспечивает потребность в воде отраслей экономики. Плотина в нижнем течении

может привести к отрицательным внешним эффектам в верхнем течении, если водохранилище пересекает границу страны, расположенной выше по течению, и затопляет земли на его территории.

Таким образом, получение выгод плотины на территории одной прибрежной страны может оказать негативное или позитивное внешнее воздействие на другие прибрежные страны. На трансграничной реке эти эффекты могут возникать как в нижнем, так и в верхнем течении (Dombrowsky 2007; 2010a; 2010b).

Стимулы для сотрудничества по плотинам, а также содержание и применимость механизмов совместного использования выгод зависят от следующих факторов:

- Географического месторасположения плотины. Определяющим элементом при размещении плотины является расположение государственной границы по отношению к реке. Можно выделить два типа расположения границы по отношению к реке:
 - трансграничная река пересекает границы страны верхнего течения и нижнего течения, при этом плотина может располагаться либо в стране верхнего (1), либо в стране нижнего течения (2), либо на самой границе (3);
 - река образует международную границу, при этом плотина располагается в обеих прибрежных странах (4).
- Назначения (цели) плотины на реке. Целью строительства плотины на трансграничной реке является достижение национальных (или субнациональных) целей развития.
- Конкретного интереса каждой страны в сотрудничестве.

Таким образом, расположение плотин и цель определяют потоки выгод, затрат и экстерналии плотины. Далее в разделе определяются типичные расположения и для каждого расположения - потенциальные причины и стимулы для сотрудничества стран. При этом страны в начале рассматриваются как унитарные участники. Однако это абстракция для аналитических целей, чтобы понять структуру стимулов на международном уровне. Это не означает, что страна является унитарным участником, напротив, международные переговоры следует рассматривать как двухуровневые игры (Putnam 1988):

- *на международном уровне представители стран ведут переговоры о заключении международных соглашений, направленных на получение чистой выгоды для страны в целом.*
- *на национальном и субнациональном уровне политический процесс определяет, будет ли ратифицировано соответствующее международное соглашение.*

В зависимости от возможностей затронутого населения заявить о своих проблемах, этот процесс на национальном уровне должен - включать переговоры о компенсации и разделении выгод с теми, на кого международное соглашение оказывает негативное воздействие.

Географическое расположение плотин, случай 1: плотина на трансграничной реке, внешние эффекты на нижнее течение. Плотина расположена в верхнем течении реки

в стране А и создает положительные и/или отрицательные внешние эффекты в нижнем течении реки в стране В (Рис. 1а.). Это расположение плотины создаёт условия для развития гидроэнергетики в верхнем течении, и сельского хозяйства в нижнем течении, основанное на орошении в условиях аридного и семи-аридного климата.

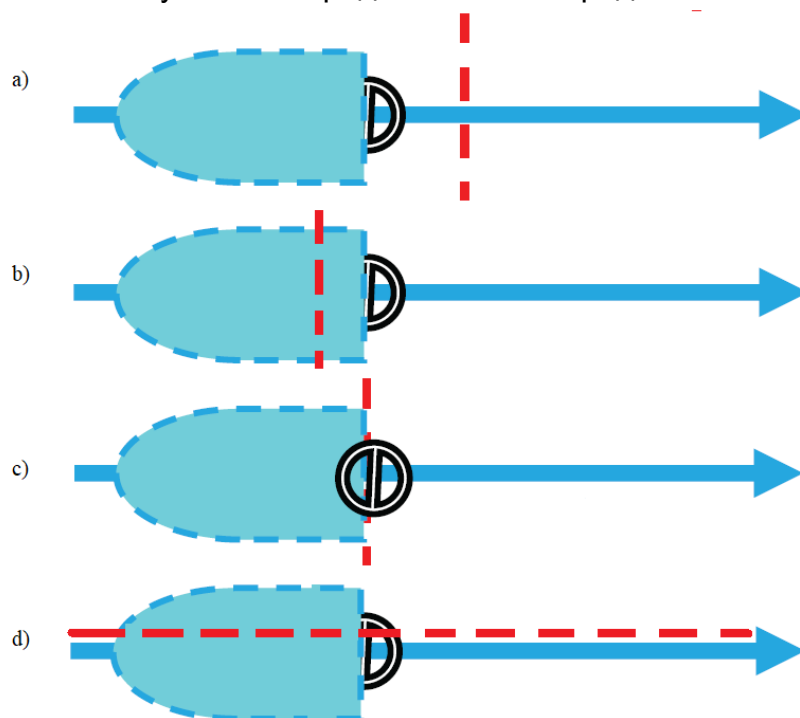


Рис. 1. Возможные географические расположения плотин на трансграничной реке (Hensengerth и др., 2012): а) случай 1; б) случай 2; в) случай 3; д) случай 4.

Возможные условия для сотрудничества в данной группировке включают:

(i) Финансовые или экономические ограничения на односторонние действия. Если односторонние действия связаны с финансовыми ограничениями, то государство не располагает финансовыми ресурсами и/или техническими возможностями, необходимыми для самостоятельного строительства плотины, хотя это было бы экономически выгодно, и поэтому просит страны-сопричастницы внести вклад в ее стоимость и предлагает разделить выгоды, получаемые от строительства плотины (как в случае с рекой Сенегал, см. ниже).

В тех случаях, когда односторонние действия связаны с экономическими ограничениями, проект не имеет экономического смысла для государства, расположенного выше по течению. Примером может служить плотина в верховьях реки, стоимость которой превысит выгоды в стране А.

Если плотина создает положительные внешние эффекты для стран, расположенного ниже по течению (например, за счет регулирования стока), то проект может стать экономически выгодным, если страна, расположенная ниже по течению, внесет свой вклад в стоимость проекта. В этом случае проект является рациональным только коллективно, а не в одностороннем порядке, поскольку он окупается только в том случае, если при анализе затрат и выгод учитываются выгоды всех прибрежных стран и, если все они участвуют в расходах по проекту, например, пропорционально выгодам, которые они получают от проекта (более подробное объяснение см. в

Dombrowsky 2009).

Эксплуатация плотины в энергетическом режиме создаёт определенные трудности водообеспечения сельского хозяйства в нижнем течении реки, поскольку выше расположенное водохранилище будет накапливать воду в летний период и сбрасывать в зимний для выработки электроэнергии и покрытия потребности в электроэнергии. Наличие плотины также может негативно влиять на запасы рыб в верхнем и нижнем течении реки.

(ii) Усовершенствование проекта плотины увеличивает совокупные чистые выгоды. Измененный, совместно согласованный проект плотины, учитывающий внешние эффекты, увеличивает общие совокупные чистые выгоды на уровне бассейна. Страна, расположенная ниже по течению, участвует в создании проекта, расположенного выше по течению, чтобы увеличить совокупные выгоды проекта в масштабах бассейна по сравнению с односторонней альтернативой страны, расположенной выше по течению. Однако в результате изменения проекта страна, расположенная выше по течению, как правило, оказывается в худшем положении (в противном случае страна, расположенная выше по течению, с самого начала придерживалась бы этой альтернативы).

В этом случае страна, расположенная ниже по течению, обращается к стране, расположенной выше по течению, с просьбой изменить проект плотины и компенсирует ей все последующие потери (как в случае с рекой Колумбия). Оставшиеся выгоды от сотрудничества затем распределяются между странами (Dombrowsky 2009).

(iii) Страна, расположенная ниже по течению, желает построить плотину на территории страны, расположенной выше по течению. Это происходит, например, в том случае, если место строительства плотины более благоприятно для достижения национальных целей страны, расположенной ниже по течению, чем альтернатива на её собственной территории, например, с точки зрения борьбы с наводнениями (примером может служить соглашение Ирака с Турцией о строительстве плотины на турецкой территории в 1946 году). Таким образом, размещение плотины на территории другого государства даёт более высокие совокупные чистые выгоды, чем альтернативный вариант проекта в пределах национальных границ. Страна, расположенная ниже по течению, по крайней мере, участвует в расходах на финансирование инвестиций и эксплуатацию плотины. Страна, расположенная выше по течению, имеет стимул к сотрудничеству, если она получает чистые выгоды от проекта (как в случае с водным проектом Lesotho High Lands). Если в случае (ii) в строительстве плотины заинтересована страна верхнего течения, то в случае (iii) в этом заинтересована страна нижнего течения.

Расположение плотины, случай 2 (Рис. 1b.): плотина на трансграничной реке - внешние эффекты на верхнее течение. Плотина расположена в нижнем течении реки вблизи международной границы, что вызывает внешние эффекты в верхнем течении в виде наводнений.

Возможные условия для сотрудничества в данном географическом расположении

включают:

(i) Страна, расположенная ниже по течению, желает сохранить добрососедские отношения. Поэтому она компенсирует ущерб стране, расположенной выше по течению, и делит с ним выгоды от реализации проекта (например, Асуанская плотина). Как будет показано ниже, строительство Асуанской плотины предполагало сотрудничество в рамках международного договора, в котором, в частности, предусматривается единая компенсационная выплата за затопление выше по течению.

В этом случае, часто страна верхнего течения имеет значительный неиспользованный потенциал гидроэнергетики, и имеет намерение изменить режим регулирования стока трансграничной реки. Нексус воды для сельского хозяйства в нижнем течении и гидроэнергетики оказывается крайне сложным, если страна верхнего течения не имеет других энергетических ресурсов, поскольку приведённая компенсационная выплата значительно меньше, чем прибыль, которую может получить страна верхнего течения от строительства плотины и выработки электроэнергии. Дальнейший поиск совместных проектов для развития гидроэнергетике в верхнем течении и торговля являются возможными альтернативами для увеличения выгод от реки и их распределения между странами бассейна реки.

(ii) Страна, расположенная ниже по течению, желает избежать негативных внешних эффектов, влияющих на страну, расположенную выше по течению (например, плотина Ву1, Гана). Как показано ниже, в случае с плотиной Ву1 международное сотрудничество было полностью исключено, поэтому в итоге не было ни распределения выгод, ни ущерба в верхнем течении.

(iii) Расположение плотины случай 3 (Рис. 1с): плотина на границе, образованной трансграничной рекой

Плотина расположена в месте, где река течет из страны А в страну Б.

Условия для сотрудничества в этом случае такова:

- Выгоды могут быть получены только в результате сотрудничества, но внешние эффекты асимметричны.

Для строительства на границе между странами, расположенными выше и ниже по течению, необходимо соглашение между странами. Затраты на строительство плотины распределяются в соответствии с распределением выгод. Кроме того, асимметричные внешние эффекты могут быть компенсированы побочными платежами страны В, расположенной ниже по течению, стране А, расположенной выше по течению, или наоборот. В качестве примера можно привести "плотины дружбы" на турецко-сирийской и турецко-болгарской границах.

Вопрос о том, компенсирует ли затраты/ ущерб страна В стране А или наоборот, и какой механизм распределения выгод будет создан, зависит от внешних эффектов и структуры стимулов. Данный случай представляет собой промежуточное звено между случаями 1 и 2, поскольку территория страны, расположенной выше по течению, затоплена, а страна, расположенная ниже по течению, может испытывать последствия накопления и/или сброса воды в

верховьях. Однако, в отличие от случаев 1 и 2, страны в случае 3 не могут действовать в одностороннем порядке.

(iv) Расположение плотины случай 4 (Рис. 1d): плотина на пограничной реке
Плотина расположена на пограничной реке. Поэтому внешние эффекты будут затрагивать обе страны. Причина сотрудничества в данных условия заключается в следующем:

- Выгоды могут быть получены только в результате сотрудничества, но внешние эффекты симметричны. Для строительства плотины на реке, которая образует границу между прибрежными странами, необходимо соглашение. Поэтому выгоды могут быть получены только в результате сотрудничества, а выгоды и внешние эффекты в принципе симметричны. Затраты на строительство плотины распределяются в соответствии с распределением выгод (например, плотины Итайпу и Кариба).

Переговоры о механизмах распределения выгод. Страны вступают в переговоры по "интернализации" внешних эффектов в рамках комплексного расчета затрат и выгод. В процессе интернализации отрицательные внешние эффекты превращаются в затраты, а положительные внешние эффекты - в выгоды. В идеале при распределении выгод от плотин учитываются все сопутствующие затраты (включая капитальные, эксплуатационные и ремонтные, альтернативные и внешние затраты) и все сопутствующие потоки выгод (включая прямые и косвенные потребительские ценности, положительные внешние эффекты и внутренние ценности) (Rogers и др., 2002), и все затрагиваемые стороны (включая местное население) имеют свое место или представлены за столом переговоров.

Поэтому в первую очередь участники переговоров должны определить, принесет ли сотрудничество чистые выгоды, а значит, есть ли у него потенциал улучшить положение всех сторон по сравнению со статус-кво или односторонними действиями. Это так, если чистые выгоды от сотрудничества за вычетом чистых выгод от отсутствия или односторонних действий положительны. Чистые выгоды - это сумма всех категорий выгод минус сумма всех категорий затрат.

На втором этапе стороны должны определить, как сотрудничество повлияет на расчет затрат и выгод каждой из сторон. Учитывая, что сотрудничество может ухудшить положение отдельных сторон по сравнению с отсутствием или односторонними действиями, в ходе переговоров может быть полезно использовать побочные платежи и увязку вопросов (Klaphake 2005; Dinar 2006; Dombrowsky 2009; 2010a; 2010b). Побочный платеж — это денежная компенсация потерь одной из сторон в рамках общей сделки по сравнению с отсутствием или односторонними действиями тех, кто выигрывает от сотрудничества. Таким образом, партнеры по переговорам заботятся о том, чтобы после заключения сделки никому не было хуже, чем до нее. Взаимосвязь вопросов достигается, когда одновременно обсуждаются отдельные области переговоров с целью достижения совместного решения (например, по водным ресурсам и безопасности или торговле).

Их можно понимать как натуральную оплату, когда партнеры приходят к соглашению

"услуга за услугу" путем увязки вопросов, а не путем денежной оплаты. Преимущество такой связи в том, что она позволяет избежать потерь, которые могут быть связаны с побочной оплатой (Mäler 1990).

Однако, поскольку определение совместного использования выгод подразумевает, что все затронутые стороны окажутся в лучшем положении, чем были до этого, не всякая побочная выплата или увязка с эмиссией обязательно представляет собой форму совместного использования выгод как таковую. Побочная выплата, компенсирующая только потери, но не улучшающая положение стороны по сравнению со статус-кво, не будет считаться распределением выгод.

После компенсации потенциальных потерь, понесенных отдельными партнерами по переговорам, стороны могут разделить чистые выгоды от сотрудничества. Один из способов - разделить чистые выгоды от сотрудничества поровну, если нет веских причин для неравного разделения. Разделить выгоды проще всего, если все потоки затрат и выгод, связанных с плотиной, выражены в денежном эквиваленте. Однако экологические и социальные затраты, в частности, обычно не выражаются в рыночных ценах, и их монетизация может быть методологически сложной (а также трудоемкой и дорогостоящей).

Полученные результаты часто оспариваются, и также спорно, каким образом негативные эффекты могут быть адекватно компенсированы. Альтернативой является качественное описание тех потоков затрат и выгод, которые не могут быть легко оценены количественно. Все прибрежные страны, которых это касается, должны в итоге воспринимать проект как выгодный - или, по крайней мере, приемлемый - и как лучший, чем бездействие или односторонние действия.

Отметим, что на практике местное население, как правило, не представлено непосредственно на международных переговорах, однако международные переговоры следует рассматривать как двухуровневые игры. Поэтому для полной компенсации негативных социальных и экологических последствий необходимо, чтобы правительства вели переговоры с пострадавшим населением и обеспечивали ему как минимум полную компенсацию или хотя бы часть выгод от сотрудничества на внутреннем уровне.

Примеры ниже показывают, что негативные социальные и экологические последствия часто не учитываются должным образом. На основе приведенного выше описания и более подробного анализа, представленного ниже, можно выделить три типа механизмов распределения выгод:

(А) В случае инфраструктуры, находящейся в совместном владении, затраты обычно несут пропорционально полученным выгодам (реки Сенегал, Замбези и Парана).

(В) Когда проект одностороннего проекта в верховьях реки изменяется с целью увеличения совокупных чистых выгод, стороне, изменившей проект плотины, компенсируются любые потери, понесенные в результате изменения (например, в виде денежной компенсации), а чистые выгоды от сотрудничества по сравнению с односторонними действиями страны в верховьях реки распределяются (в денежном выражении или в натуральной форме) (река Колумбия);

(С) Когда страна, расположенная ниже по течению, строит плотину выше по течению

для увеличения совокупных чистых выгод, можно ожидать, что она покроет инвестиции и внешние издержки, при этом страна, расположенная выше по течению, участвует в выгодах проекта, а две страны делят чистые выгоды от совместного проекта по сравнению с односторонней альтернативой страны, расположенной ниже по течению (река Оранжевая-Сенку).

В каждом случае механизм распределения выгод состоит из комбинации всех элементов, используемых для балансировки затрат и выгод, и может включать или не включать компенсацию.

Примеры разделения выгод на зарегулированных реках. Далее анализируется ряд рассмотренных в литературе случаев, когда имели место переговоры по плотинам на международных реках, и где был задействован механизм распределения выгод. Также включались ли негативные социальные и экологические последствия в расчет затрат и выгод.

В качестве примера рассмотрены плотины на реках Сенегал, Колумбия, Оранжевая-Сенку, Нил и Замбези, представляющие различные расположение плотин по отношению к границе стран единого речного бассейна, и короткую информацию о реке Парана. Описание каждого конкретного случая включает анализ международного/трансграничного механизма распределения выгод, способов, с помощью которых различные государства решали проблемы экологических и социальных последствий, связанных с плотинами, а также институциональных механизмов.

1. Плотины на реке Сенегал: преодоление финансовых ограничений односторонних действий

Описание проекта и механизм распределения выгод. Освоение реки Сенегал - это региональный проект, основанный на попытках французских колонизаторов использовать весь сток реки Сенегал в экономических целях. В 1963 году, после обретения независимости, все страны бассейна объявили Сенегал международной рекой, тем самым с самого начала придерживались нетерриториального подхода. Трансграничное сотрудничество на реке Сенегал было начато в то время, когда развитие сталкивалось с большими трудностями (Yu 2011):

- низкий уровень ВВП на душу населения (в постоянных долларах США на 2006 год): 197 долл. в Мали, 377 долл. в Мавритании, 448 долл. в Сенегале;
- низкая производительность сельского хозяйства в Сенегале, засухи в Мали и отсутствие дешевой электроэнергии для промышленного сектора в Сенегале и Мавритании; и
- частые наводнения и засухи, препятствующие надежному сельскохозяйственному производству.

Мали, Мавритания и Сенегал были заинтересованы в увеличении энергоснабжения за счет развития гидроэнергетики. Кроме того, Мавритания и Сенегал хотели расширить орошаемое земледелие для повышения продовольственной безопасности, а Мали была заинтересована в увеличении судоходности реки Сенегал для транспортировки природных ресурсов к Атлантическому океану. После нескольких лет переговоров и неудачных попыток создать надежные институты управления рекой Мавритания, Мали

и Сенегал в 1972 г. создали Организацию по улучшению состояния русла реки Сенегал (OMVS).

Целью проекта OMVS было строительство двух плотин - Диама и Манантали - для достижения продовольственной независимости за счет расширения орошаемого земледелия, развития гидроэнергетики, увеличения поставок и снижения стоимости электроэнергии, а также для обеспечения судоходства по реке до Атлантического океана с целью разработки минеральных ресурсов. Плотина Диама, расположенная в дельте реки на территории Сенегала и Мавритании, предназначена для борьбы с наводнениями, орошения и обеспечения питьевой водой, а также для предотвращения проникновения морской воды. Плотина Манантали в Мали предназначалась для выработки гидроэлектроэнергии, хранения воды для орошения и судоходства по реке. Поскольку ни одна из стран не была в состоянии самостоятельно финансировать строительство плотин, создание OMVS позволило привлечь помощь международного сообщества доноров. Обе плотины принадлежат всем трем странам, что является исключительным случаем для трансграничной реки. Три страны вели переговоры о разделении затрат, основанных на выгодах из проекта (Таблица 1).

Случай Сенегала относится к расположению плотин случай 1: плотина на трансграничной реке - внешние эффекты в нижнем течении. С точки зрения структуры стимулов он может рассматриваться как комбинация случая

- (i) - ни одна из прибрежных стран не может самостоятельно финансировать строительство плотины;
- (ii) - размещение плотины выше по течению увеличивает совокупные чистые выгоды.

Механизм распределения выгод соответствует типу (А): совместная инфраструктура: затраты несут пропорционально полученным выгодам, однако, как будет показано ниже, социальные и экологические последствия не были учтены в первоначальной схеме распределения выгод.

Таблица 1. Разделение затрат, принятое Консулом Министров OMVS в 1985 г. Источник: Yu (2011)

	Доля Мавритании	Доля Сенегала	Доля Мали
Распределение затрат по секторам (энергетика, орошение, навигация)	22.6%	42.1%	35.3%
Распределение выгод			
Энергетика	15%	33%	52%
Орошаемое земледелие (375000 га)	31%	58%	11%
Навигация (доступ к Атлантическому океану)	12%	6%	82%

Обе плотины были построены в 1980-х годах на средства кредита в размере 620 млн. долл. от двенадцати доноров (Yu, 2011). Строительство плотины Манантали

было завершено в 1988 году, но без электростанции. Она начала вырабатывать электроэнергию только в 2001 г., после того как в 1997 г. был получен второй донорский пакет.

Социальные и экологические последствия. Социальные и экологические последствия не были учтены на этапах планирования и строительства. Строительство плотин привело к вырубке лесов, переселению 12 тыс. человек (для Манантали), замене традиционного сельского хозяйства на ирригационное, сокращению рыбного промысла и росту заболеваний, передающихся через воду. Механизмы компенсации не были предусмотрены.

Только в 1998 г. OMVS разработала Программу по снижению воздействия на окружающую среду и мониторингу, направленную на устранение экологических и социальных последствий строительства плотин Манантали и Диама. Финансирование программы осуществлялось за счет средств, выделенных в 1997 г. В 2002 г. страны OMVS подписали Водное соглашение, которое добавило охрану окружающей среды и устойчивость.

Институциональная структура. OMVS представляет собой четырехстороннюю организацию речного бассейна (Гвинея присоединилась к ней в 2005 г.) с четырьмя постоянными органами: Конференцией глав государств и правительств, Советом министров, Высшей комиссией и Постоянной комиссией по водным ресурсам. Органы управления плотинами Диама и Манантали - Общество управления и эксплуатации плотины Диама (SOGED) и Общество управления энергией Манантали (SOGEM) - были созданы в 1997 г. в соответствии с Конвенцией о создании Агентства управления эксплуатацией плотины Диама и Конвенцией о создании Агентства управления энергией Манантали. Их задача - эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт плотин и связанных с ними сооружений. В состав SOGEM и SOGED входят Совет министров, Административный совет и Генеральный директорат. Бюджет SOGEM формируется за счет продажи энергии, SOGED - за счет платы за использование воды для орошения и питьевой воды. Дополнительное финансирование обеспечивают правительства стран-членов. Три государства-участника в равной степени представлены в SOGEM и SOGED.

Эксплуатация Манантали была передана южноафриканской компании ESKOM после проведения международного тендера под контролем SOGEM. Задача ESKOM заключается в эксплуатации и обслуживании энергопроизводящих мощностей и линий электропередач, распределении энергии из Манантали по всем трем странам-участницам, а также в сборе платежей и их передаче.

Извлеченные уроки. OMVS представляет собой неоднозначную картину. Опыт можно считать успешным в той мере, в какой страны договорились об ожидаемых выгодах от сотрудничества и о распределении затрат в соответствии с ожидаемыми потоками выгод. OMVS находится под совместным управлением, а плотины находятся в совместной собственности через OMVS, что является исключительным явлением для плотин на трансграничных реках. Однако это позволило конструктивно регулировать конфликты, связанные с использованием вод реки Сенегал и строительством плотин.

Организация считается успешной, отчасти это объясняется тем, что страны-участницы согласились с важнейшими элементами инфраструктурного сотрудничества в двух конвенциях: Конвенции о правовом статусе сооружений, находящихся в совместной собственности (1978 г.), и Конвенции о финансировании сооружений, находящихся в совместной собственности (1982 г.) (Hensengerth и др., 2012):

- все структуры являются совместной собственностью стран-участниц OMVS;
- инвестиционные затраты и эксплуатационные расходы распределяются между владельцами в соответствии с выгодами, которые они получают от сооружений; и
- каждый совладелец гарантирует возврат кредитов, предоставленных OMVS международным донорским сообществом на строительство соответствующей инфраструктуры.

Созданию OMVS предшествовала целая история сотрудничества в бассейне реки Сенегал, главным из которых является Бамакская конвенция (7), подписанная Гвинеей, Мавританией, Сенегалом и Мали в 1963 году. Конвенция придает реке Сенегал международный статус (Hensengerth и др., 2012). Вместе с тем реализация OMVS была затруднена целым рядом негативных факторов (Kirschke 2010; Yu 2011; Kipping 2005):

1. Средств, выделяемых странами-участницами, оказалось недостаточно, что сделало необходимым постоянное привлечение доноров. Кроме того, ESKOM страдает от плохой платежеспособности своих клиентов. Именно поэтому SOGEM также не получает достаточного финансирования. SOGED, финансируемая за счет продажи воды, страдает от аналогичных проблем.
2. Рост цен на землю, вызванный развитием инфраструктуры, привел к внутреннему конфликту в Мавритании, который вылился в пограничную войну между Мавританией и Сенегалом в 1989–1991 гг.
3. OMVS в значительной степени зависит от поддержки доноров. Обе плотины и региональный проект развития гидроэнергетики 1997 года, который должен был возродить планы по производству и распределению электроэнергии, были построены за счет кредита международного сообщества доноров. Это было необходимо, поскольку экономические выгоды от расширения орошаемого земледелия и производства электроэнергии, предусмотренные OMVS, не были достигнуты. Кроме того, поскольку многие местные фермеры предпочитали менее рискованный и менее капиталоемкий полив затоплением, страны согласились изменить режим управления плотиной, чтобы разрешить более традиционное сельское хозяйство.

Дополнительный сброс включал в себя расчет компромисса между дополнительным сбросом воды и оставшейся мощностью гидроэлектростанции. Принцип равного представительства во всех институтах OMVS, хотя и был политически полезен, привел к институциональным трудностям, поскольку не позволял динамично реагировать на любые возникающие социальные и экологические последствия; и

- ориентация на получение выгод на национальном уровне (национальное экономическое развитие) в ущерб населению, затронутому плотинами, привела к разрыву связи между национальным и местным развитием.

Отсутствие регионального финансирования и зависимость от донорских средств в итоге оказались проблематичными и поставили вопрос о праве собственности. Строительство плотин и природоохранные мероприятия, по сути, иницируются и финансируются донорами. Хотя различные страны заинтересованы в создании и поддержании электроэнергетической инфраструктуры, ключевыми вопросами для управления OMVS представляются институциональное управление и местное финансирование.

2. Плотины на реке Колумбия: изменение конструкции плотины увеличивает совокупные чистые выгоды

Описание проекта и механизм распределения выгод. Река Колумбия находится в совместном пользовании Канады и США. Планы Канады, расположенной в верхнем течении реки, использовать реки Кутеней и Колумбия для производства гидроэлектроэнергии поставили под угрозу производство гидроэлектроэнергии в США на плотинах Бонневиль, Гранд-Кули и Джон-Дей. Дополнительной угрозой для гидроэнергетики в нижнем течении были частые наводнения. В связи с этим Соединенные Штаты пытались побудить Канаду изменить свои планы водопользования в верховьях рек, с целью сохранения и повышения производства гидроэлектроэнергии в нижнем течении. Переговоры по этим вопросам завершились подписанием Договора о совместном освоении водных ресурсов бассейна реки Колумбия (Treaty Relating to Cooperative Development of водных ресурсов бассейна реки Колумбия, подписанный в 1961 г. и ратифицированный в 1964 г.

В соответствии с Договором по реке Колумбия Канада должна была построить три крупные плотины - Дункан, Кинлиайд и Мика, построенные в 1960-х и 1970-х годах, - для защиты от наводнений и выработки электроэнергии в США. Взамен за обеспечение защиты от наводнений и дополнительные гидроэнергетические выгоды, получаемые ниже по течению благодаря своим водохранилищам, Канада заранее получила от США половину стоимости защиты от наводнений в нижнем течении реки и получила право на половину дополнительной электроэнергии, вырабатываемой в США в нижнем течении реки.

Для практического осуществления поставок гидроэлектроэнергии канадская провинция Британская Колумбия, которая взяла на себя обязательства федерального правительства Канады, продавала электроэнергию американским покупателям "по 30-летнему контракту за авансовый платеж". Общая сумма авансового платежа за противопаводковые мероприятия и продажу электроэнергии была достаточной для оплаты всех проектов Договора в Британской Колумбии. Электроэнергия с этой станции является исключительной собственностью British Columbia Hydro, энергетической компании провинции" (Égré et al. 2002). Практически по речному договору фактически финансировалась вся канадская инфраструктура, необходимая в соответствии с договором о реке Колумбия.

Смысл договора заключался в увеличении и распределении совокупных чистых выгод за счет изменения расположения плотины. Крутилла (1967) утверждал, что

водохранилища, построенные в рамках Договора о реке Колумбия, в действительности оказались дешевле для Канады, чем односторонние альтернативы. И наоборот, положения Договора оказались для Соединенных Штатов более дорогостоящими, чем внутренняя альтернатива. Таким образом, Договор позволил Канаде сэкономить средства, но оказался дорогостоящим для США. Несмотря на то, что предполагалось получить чистую выгоду от сотрудничества по сравнению с односторонними вариантами Канады, полностью невозможно установить является ли конечный результат эффективным механизмом распределения выгод.

Социальные и экологические последствия. Строительство канадских плотин потребовало переселения 2300 человек. На этапе строительства в 1960-1970-х годах было затоплено 60 тыс. га земли, археологические памятники и захоронения коренных народов. В то время не существовало адекватных механизмов компенсации этих потерь (Égré 2007). Только в начале 1990-х годов, незадолго до истечения 30-летнего срока, в течение которого Британская Колумбия продавала свою долю электроэнергии, местные жители, в частности коренное население, потребовали изменить систему продаж и получить свою долю в электроэнергии. В 1992 году местные органы власти на уровне региональных округов и племенные советы сформировали Комитет Колумбийского договора, который вступил в переговоры с провинцией Британская Колумбия о создании местного механизма распределения выгод. В результате был создан Трастовый фонд бассейна Колумбии (Égré 2007). В рамках траст-фонда был разработан План управления бассейном реки Колумбия. На создание Траст-фонда было выделено 295 млн кан. долл. от провинции Британская Колумбия. Это эквивалентно 5% от доли провинции в доходах от переработки и сбыта нефти.

Институциональное обустройство. В соответствии с Договором о реке Колумбия не было создано ни одной бассейновой организации. Однако, переговоры по Договору были сложными с институциональной точки зрения: провинция Британская Колумбия "обладала правом вето на заключение Договора, поскольку в рамках канадской федеральной системы провинции обладают суверенитетом над речными бассейнами, своими природными ресурсами и участвуют в принятии решений, когда речь идет о природных ресурсах" (Hensengerth и др., 2012). С канадской стороны это осложняло поиск консенсуса в качестве основы для переговоров с властями США (Hensengerth и др., 2012).

В отличие от Договора по реке Колумбия, *Columbia Basin Trust* управляется советом в составе двенадцатью директорами, кандидатуры которых выдвигаются пятью региональными округами бассейна реки Колумбия. Траст-фонд инвестирует свой капитал и управляет своими активами. В сотрудничестве с консультативными комитетами жителей бассейна Траст фонд использует свои доходы для финансирования проектов в таких областях, как "окружающая среда; экономическое развитие; социальная сфера; образование и обучение; молодежные инициативы; искусство, культуры и наследия" (Égré 2007).

Извлеченные уроки. Не совсем понятно, можно ли считать Договор по реке Колумбия успешным с точки зрения распределения выгод, учитывая, что в финансовом

отношении Канада получила больше выгод, чем США. Согласно анализу, проведенному Krutilla (1967), Соединенные Штаты оказались в худшем положении, чем если бы они приняли одностороннее решение и построили дополнительные гидроэнергетические мощности за пределами бассейна реки Колумбия. В политическом плане заключение Договора стало возможным благодаря истории сотрудничества между двумя странами до подписания Договора по реке Колумбия и политическая воля к поиску постоянного решения проблемы управления трансграничными реками.

Проекты, созданные в рамках Договора по реке Колумбия, управлялись настолько эффективно, что приносили значительный доход канадским владельцам проектов. Это позволило создать фонд Columbia Basin Trust. Скоординированные усилия местных органов власти и пострадавшего населения с целью получения компенсации за нанесенный социальный и экологический ущерб, привели к активному участию местного населения в создании трастового фонда бассейна Колумбия. Через его руководящую структуру эти сообщества также принимают непосредственное участие в выборе проектов, на которые будут расходоваться средства.

Columbia Basin Trust был создан из-за пренебрежения социальными последствиями во время строительства канадских водохранилищ. Затем потребовалось пересмотреть порядок использования доходов после первого этапа Договора с населением, непосредственно затронутым проектом. Местные жители заставили канадские власти ввести механизм участия с помощью, которого жители затрагиваемых районов могли бы высказаться по поводу использования части доходов, получаемых от строительства канадских плотин.

3. Проект водоснабжения нагорья Лесото на реке Оранжевый - Сенку: размещение проекта выше по течению увеличило совокупные чистые выгоды

Описание проекта и механизм распределения выгод. Самые ранние планы по использованию верхнего течения реки Оранжевая-Сенку в Лесото и транспортировке ее воды в Южную Африку появились в середине 1950-х годов, когда Лесото находилось под протекторатом Великобритании. Первые переговоры не увенчались успехом из-за распределения затрат на инфраструктуру и цены на доставку воды. В 1970-1980-х годах реализация проекта была поставлена под угрозу из-за внутренних и международных политических проблем (например, политики апартеида в ЮАР; территориальных споров между Лесото и ЮАР). В конце 1980-х годов политический климат в обеих странах изменился: ЮАР стала проводить дружественную региональную политику, а Лесото создало гражданское правительство.

Сотрудничество между ЮАР и правительством Королевства Лесото в рамках проекта Lesotho Highlands Water Project (LHWP) является одним из наиболее масштабных примеров сотрудничества в области водных ресурсов на африканском континенте. Физическое ядро проекта составляют строительство каскада из шести плотин, 200 км тоннелей и сопутствующей водной инфраструктуры, включая насосные станции и гидроэлектростанции, в верхнем течении реки Сенку (которая в ЮАР становится рекой Оранжевой). Лесото — это небольшое горное королевство, не имеющее выхода к морю и богатое водными ресурсами. После завершения в 2021 году

всех трех основных фаз этого многоэтапного проекта ожидаемый объем воды составит 2200 млн. куб. метров воды в год из горных районов Лесото в Южную Африку. К 2002 году были реализованы только первые две фазы - строительство двух гигантских плотин Катсе (110 МВт) и Мохале, а также связанных с ними тоннелей и водосливных плотин (1998 и 2002 г. соответственно). Регионом-получателем воды является провинция Гаутенг, расположенная в ЮАР.

Провинция Гаутенг, промышленный центр страны, который уже сейчас испытывает серьезный дефицит воды. Реализация проекта позволила Лесото сократить сильную зависимость (около 90%) от импорта южноафриканской энергии за счет выработки 2000 ГВт-ч гидроэлектроэнергии в год ежегодно.

Обе страны пришли к выводу, что вода, поступающая из реки Сенку в Лесото, которая в противном случае текла бы по реке Сенку-Оранжевая, должна быть перенаправлена в южноафриканский регион Гаутенг. За это Лесото получает компенсацию в виде электроэнергии, вырабатываемой на новых плотинах на своей территории. В договоре LHWP (1986 г.) определены механизмы распределения выгод от совместного развития. ЮАР несет все расходы по передаче воды (включая расходы на строительство, эксплуатацию и техническое обслуживание, а также на социальные и экологические мероприятия), независимо от того, понесены ли они непосредственно ЮАР или первоначально профинансированы за счет кредитов, предоставленных правительству

Лесото или Управлению по развитию высокогорий Лесото (Lesotho Highlands Development Authority, LHDA). Лесото, с другой стороны, несет расходы на гидроэнергетику (около 5% от общих затрат). ЮАР получает воду, а Лесото сохраняет выгоды от производства гидроэлектроэнергии. Договор предусматривает, что ЮАР делит с Лесото, чистую выгоду (56% для Лесото и 44% для ЮАР), "рассчитываемую как чистая выгода от производства гидроэлектроэнергии", рассчитанную как разница затрат двух опций: односторонняя опция и сотрудничество между странами. Таким образом, ЮАР выплачивает Лесото эквивалентные 56% от экономии затрат, выявленной в результате реализации проекта LHWP (Yu 2002).

Расчеты чистых выгод основаны на разнице в стоимости двух вариантов: один проект реализуется полностью на территории ЮАР (односторонний вариант), другой основан на сотрудничестве между компаниями. В последнем случае используются преимущества гравитации и менее сложного гражданского строительства, чем потребовалось бы для переброски тех же объемов воды из реки Оранжевой в пределы ЮАР. Эта экономия средств легла в основу определения размера роялти выплачиваемых Лесото (не за воду, а за снижение затрат благодаря LHWP). Расходы по строительству плотины взяла бы на себя ЮАР, а Лесото получило бы выгоду от гидроэнергетики, но при этом может пострадать от неблагоприятных экологических и социальных последствий, которые, однако, будут компенсированы.

Хотя LHWP — это особый случай с точки зрения водозабора, в целом он является примером случая (iii) расположения плотины (1), когда страна, расположенная ниже по течению, стремится увеличить свои чистые выгоды за счет строительства плотины выше по течению. Механизм распределения выгод (C) применяется в случае, когда страна, расположенная ниже по течению, строит

плотину выше по течению для увеличения совокупных чистых выгод и покрывает инвестиции и внешние издержки. Страна, расположенная выше по течению, участвует в выгодах проекта, и обе страны делят чистые выгоды от совместного проекта по сравнению с односторонней альтернативой страны низовья.

Институциональная структура. Двустороннее соглашение, согласованное ЮАР и Лесото, является достаточно сложным и включает в себя не только финансовые механизмы и механизмы собственности, но и механизмы разрешения споров, двустороннюю организацию (Lesotho Highlands Water Commission, LHWC), состоящую из представителей двух правительств, и два автономных исполнительных агентства, состоящая из представителей правительств двух стран, и два автономных исполнительных агентства:

(i) Управление по развитию нагорья Лесото уполномочено осуществлять забор воды и передавать её в ЮАР; вырабатывать гидроэлектроэнергию для Лесото; поддерживать согласованный уровень стока; и обеспечивать местное население, затронутое проектом, возможность поддерживать уровень жизни, не уступающий уровню жизни до начала строительства.

(ii) Управление Транскаледонским тоннелем (ТСТА) в ЮАР уполномочено осуществлять проектирование, строительство, эксплуатацию и техническое обслуживание, а также несет ответственность за возмещение затрат по проекту и обслуживание долга (ТСТА продает воду Департаменту водных ресурсов и лесного хозяйства ЮАР на основе тарифов на воду).

Социальные и экологические последствия. Социальные и экологические последствия в основном распространяются на территорию Лесото, где расположена инфраструктура плотины. Хотя ЮАР финансировала строительство инфраструктуры и выплачивала роялти, именно Лесото понесло экологические и социальные потери, но за это оно получило компенсацию. Доходы от реализации проекта поступали в Фонд доходов нагорья Лесото, деятельность которого была приостановлена вскоре после его запуска в 1996 году из-за ряда проблем, включая непрозрачные механизмы финансирования проектов и инвестиции в проекты, которые не были ориентированы на спрос и поэтому оказались неэффективными. В 1997 году был создан Фонд развития общин Лесото, призванный обеспечить создание рабочих мест и сокращение бедности. Участие общественности в использовании средств фонда улучшилось, но остается сложной задачей. Основные экологические и социальные воздействия, связанные со строительными работами в рамках проекта LHWP, были оценены как успешно смягченные" (Yu 2011).

Извлеченные уроки. LHWP является исключительным примером чистой выгоды от сотрудничества по сравнению с односторонним развитием, в основном благодаря готовности ЮАР справедливо распределять выгоды от сотрудничества. Реализация проекта стала возможной благодаря фундаментальным политическим изменениям, которые произошли в обеих странах в конце 1980-х годов. Тем не менее, LHWP также является одним из самых наиболее противоречивых проектов по управлению трансграничными водами из-за его значительного негативного воздействия на

окружающую среду и общей неспособности интегрировать местное население и заинтересованные стороны.

С начала 1990-х гг. такие национальные и международные группы интересов, как экологические группы, активисты по защите прав человека и социальных прав, стали выступать против проекта. В 1998 году Фонд развития общин Лесото и различные заинтересованные группы в Лесото подписали Меморандум о взаимопонимании, устанавливающий правила участия заинтересованных групп в проекте LHWP и определяющий юридические обязательства государств-участников по обеспечению благополучия людей и сообществ, затронутых проектом. Администрация LHWP и заинтересованные группы согласовали Планы природоохранных мероприятий, которые стали основой для разработки мер по смягчению последствий, компенсации, переселению и развитию. Это также свидетельствует о том, что несмотря на компенсацию негативных социальных и экологических последствий, проект и методы его реализации продолжают вызывать споры за негативные социальные и экологические последствия - и что денежная компенсация не всегда может восприниматься как эквивалент предотвращения ущерба.

4. Асуанская плотина (Египет, Судан) на реке Нил: компенсация отрицательных внешних эффектов в верхнем течении реки

Описание проекта. Египет расположен в нижнем течении реки Нил, а также является наиболее мощным в военном, политическом и экономическом отношении государством бассейна, состоящего из одиннадцати прибрежных стран с учётом разделения Судана. Поскольку сельское хозяйство Египта традиционно зависит от стока реки Нил, он всегда стремился закрепить свое право на воду из реки. Претензии на Нил были закреплены в договоре между Египтом и Великобританией в 1929 году и в следующем договоре между Египтом и Суданом в 1959 году, согласно которому естественный приток делился между двумя, тремя прибрежными странами, расположенными вниз по течению реки. Другие страны, расположенные в верховьях Нила, не подписали эти договора.

Асуанская плотина была построена Египтом в 1960-х годах для улучшения защиты от наводнений и орошаемого земледелия, а также для производства гидроэлектроэнергии в целях индустриализации страны после обретения независимости. Асуанская плотина создала водохранилище - озеро Насер длиной 550 км и площадью 5250 км². Плотина привела к затоплению части территории Судана, расположенной в верхнем течении реки, где водохранилище известно как озеро Нубия. В связи с этим Египет согласился выплатить Судану компенсацию. Размер компенсации был оговорен в Соглашении 1959 года между Республикой Судан и Объединенной Арабской Республикой о полном использовании вод Нила. Параграф 6 второй главы соглашения гласит, что Египет выплатит Судану 15 млн египетских фунтов "в качестве полной компенсации за нанесенный ущерб собственности Судана".

Соглашение о компенсации не включало положений о переселении нубийского населения в Судан. Вторая глава Соглашения 1959 года также "разрешает" Судану построить плотину Розейрес на Голубом Ниле и дальнейшие речные работы в соответствии с правами Судана на воды Нила (Параграф 2). Далее оговаривается

распределение воды по объёму между Суданом и Египтом на основе расширенного водоснабжения, обеспечиваемого Асуанским водохранилищем, причем доля Египта составляет 55,5 млрд. куб. м в год, Судана - 18,5 млрд. куб. м в год. исходя из их "приобретенных прав" и "чистого стока Нила после полной эксплуатации ... водохранилища" (Параграф 4). Строительство Асуанской плотины позволило увеличить объем воды, выделяемой двум странам, по сравнению с объемом, определенным в соглашении 1929 г. между Египтом и Великобританией, действовавшей от имени Судана.

Механизм разделения выгод? Данный случай соответствует географическому расположению (2) - плотина на трансграничной реке с внешними эффектами в верхнем течении. Однако, несмотря на то, что в соответствии с соглашением была предоставлена некоторая компенсация за наводнение в верхнем течении реки и увеличен общий объем выделяемых Судану средств по Нилу, неясно, можно ли считать, что в данном случае речь идет о распределении выгод, поскольку вряд ли компенсация компенсирует ущерб, понесенный Суданом (включая затраты на переселение), и трудно судить, стал ли Судан в целом жить лучше, чем он жил до строительства Асуанской плотины. Кроме того, другие прибрежные страны Нила не были участниками соглашения 1959 года и не признают претензий Египта и Судана на естественный приток вод Нила в Судан.

Экологические последствия заключаются в эрозии и засолении почв в дельте Нила, а также в заболеваниях, передающихся через воду. Что касается переселения, то на египетской и суданской сторонах реки необходимо было переселить от 100 до 120 тыс. нубийцев, из них 50 тыс. в Египет и от 50 до 70 тыс. в Судан. Scudder (2003) описывает переселение на египетской стороне "похвальным, но не предусматривающим участия населения в планах развития". Этот план предусматривал выплату компенсаций и реализацию проектов развития после переселения, включая строительство школ и медицинских учреждений, мелиорацию сельскохозяйственных земель и создание возможностей для работы в несельскохозяйственных отраслях. Группа нубийцев была переселена в район Ком Омбо, расположенный в 45 км ниже по течению от Асуана, куда уже была переселена другая группа нубийцев в связи с сооружением ранее построенной плотины.

Однако из-за того, что переселение было поспешным, а культурные особенности нубийцев, например, в области жилищного строительства и организации семьи, остались без внимания, первые десять лет после переселения оказались трудными: в первый год наблюдалась высокая смертность, а в восьми из 1965-1975 гг. правительство обратилось за продовольственной помощью в Продовольственную и сельскохозяйственную организацию ООН и Всемирную продовольственную программу. Только после первого десятилетия ситуация заметно улучшилась. В частности, переселенцы были интегрированы в экономику провинции Асуан, а представители нубийцев были избраны в местные политические органы.

Программа переселения в Судане была спланирована менее продуманно, чем в Египте, и предусматривала переселение нубийского населения в полупустынные зоны, где ему пришлось столкнуться с непривычным режимом осадков и новыми болезнями.

Институциональная структура. Хотя строительство Асуанской плотины не связано с деятельностью каких-либо двусторонних институтов, существует Постоянный объединенный технический комитет, в котором по соглашению 1959 года представлены и Египет, и Судан [11].

Извлеченные уроки. Расширение водохранилища в нижнем течении было предусмотрено двусторонним соглашением между Египтом и Суданом 1959 г., в котором были определены уровни компенсации и права на воду, основанные на более старом соглашении 1929 г. Таким образом, распределение прав на воду между двумя странами уже было установлено. Поскольку разделение воды является основой для разделения выгод как по соглашению 1929 года, так и по соглашению 1959 года, разделение выгод не заменяет разделения воды. Можно утверждать, что водопользование осуществляется без учета прав стран верхнего течения на водные ресурсы Нила. С точки зрения бассейна дополнительные чистые выгоды от сотрудничества могут быть также получены за счет перемещения водохранилища вверх по течению для снижения потерь на испарение и увеличения возможностей для производства гидроэлектроэнергии (Whittington / McClelland 1992; Whittington et al. 2005).

Окончательная оценка механизма компенсации за наводнения в Судане, вызванные Асуанской плотинной, требует дальнейших исследований.

5. Плотина Кариба на реке Замбези (Замбия, Зимбабве) и заметки о плотине Итайпу на реке Рио-Парана (Бразилия, Парагвай): симметричные выгоды от плотины на пограничной реке

Описание проекта и механизм распределения выгод. Бассейн реки Замбези является одним из крупнейших трансграничных бассейнов в Африке. Он простирается на территории восьми государств, а именно Анголы, Замбии, Ботсваны, Намибии, Зимбабве, Малави, Танзании и Мозамбика. Сотрудничество началось в начале 1950-х годов, когда когда Северная Родезия (Замбия) и Южная Родезия (Зимбабве) находились под колониальным господством и объединились в федерацию с Ньясалендом (Малави). Федерация разработала гидроэнергетический проект, поскольку медные рудники Замбии испытывали нехватку электроэнергии, и возникла острая необходимость в крупном надежном источнике дешевой электроэнергии. Кроме того, быстро развивающиеся промышленный, сельскохозяйственный и горнодобывающий сектора Южной Родезии также страдали от нехватки электроэнергии" (WCD 2000b, 133).

Ключевым элементом инфраструктуры проекта является плотина Кариба, которая была построена в период с 1953 по 1963 гг. вдоль 760-километровой полосы, где река в настоящее время образует границу между Замбией и Зимбабве. Активная емкость плотины составляет 186 млрд. баррелей воды, а две электростанции электростанции установленной мощностью 1 266 МВт (600 МВт в Замбии, 666 МВт в Зимбабве), которые обеспечивают 34% от общего объема электроэнергии, потребляемой в двух странах.

Когда в 1963 году федерация прекратила свое существование, а Замбия получила

независимость в 1964 году, а Зимбабве - в 1980 году, сотрудничество стало международным. На тот момент проект еще не был завершен, и странам пришлось вести переговоры о порядке эксплуатации плотины. В ноябре 1963 года Северная и Южная Родезия создали Центральноеафриканскую энергетическую корпорацию (ЦАЭК) для завершения строительных работ и эксплуатации системы, включая электроснабжение. Для завершения строительных работ и эксплуатации системы, включая производство и передачу электроэнергии, Северная и Южная Родезия создали Центральноеафриканскую энергетическую корпорацию (CAPCO). Для завершения строительных работ и эксплуатации системы, включая производство и передачу электроэнергии, был создан Высший орган по энергетике, состоящий из двух министров от каждой страны, которые контролируют и координируют деятельность CAPCO.

CAPCO было упразднено в 1987 г., и в этом же году было создано Управление реки Замбези (Zambezi River Authority - ZRA). Изменения произошли из-за того, что Замбия считала, что CAPCO отдаёт предпочтение Зимбабве (Scudder 2005, 7). Плотина Кариба находится в равной собственности правительств Замбии и Зимбабве, её выгоды и обязательства также делились поровну. Эксплуатацию плотины осуществляет ZRA. Таким образом, случай Карибы попадает имеет географическое расположение (4) - плотина на границе между Замбией и Зимбабве.

ZRA имеет четырехуровневую структуру политики и управления, состоящую из Совета министров, Совета директоров, исполнительного директора и трех департаментов для выполнения оперативных функций. В задачи ZRA входит поддержание уровня воды в водохранилище и распределение воды между двумя национальными энергетическими компаниями - Kariba North Bank Company (Замбия) и Zimbabwe Electricity Supply Authority. Она финансирует свою деятельность за счет продажи воды энергетическим компаниям. Доходы от продажи воды энергетическим компаниям обычно составляют порядка 10 млн. долл. в год.

Социальные и экологические последствия. "В предпроектном документе (1951 г.) количество людей, подлежащих переселению, оценивалось в 29 000 человек. В проектном документе Кариба 1955 года мало подробностей о программе переселения, за исключением бюджетных ассигнований в размере 4 млн фунтов стерлингов, которые должны были быть израсходованы. Позже было принято решение о том, что каждое из правительств Замбии и Зимбабве будет отвечать за управление переселением в своей стране. Это решение означало, что программа переселения была исключена из основного проекта. Фактическое число людей, подлежащих переселению, увеличилось с 29 000 до 57 000, но бюджет на переселение остался неизменным" (WCD 2000b).

Плотина Кариба затопила долину Замбези в верхнем течении реки, где по обеим сторонам реки жили люди племени Тонга. Они должны были быть переселены далеко от зоны водохранилища, где "им пришлось строить с нуля, расчищая кустарник и возводя хижины". Жители северного и южного берегов оказались полностью отрезанными друг от друга. Многие потеряли высокопродуктивные аллювиальные поля на краю Замбези и были вынуждены перейти на сухое земледелие в труднопроходимых предгорьях Эскарпа" (Tremmel et al. 1995), в районах с плохой почвой для земледелия и ограниченным доступом к воде. В то время как международная спасательная

операция (операция "Ной") заботились об исчезающих видах, 50700 людей племенни Тонга не нашли ни национальной, ни международной поддержки.

Извлеченные уроки. Что касается спроса на электроэнергию в Замбии и Зимбабве, то здесь интересы симметричны, что способствовало реализации проекта. Однако интересы не всегда совпадали. На ранней стадии планирования Северная Родезия выступала за реализацию проекта на своей территории (приток Кафуэ), в то время как Южная Родезия выбрала место, которое было выбрано впоследствии, Кариба, где река образует границу между двумя странами. Для решения вопроса федеральное правительство в 1953 году назначило нейтральную сторону для объективной оценки двух проектов. Отчет Койна, подготовленный в декабре 1954 года, убедил федеральное правительство в том, что проект Кариба предпочтительнее проекта Кафуэ (WCD 2000b).

Таким образом, создание проекта Кариба стало возможным благодаря тому, что федеральное правительство взяло верх над правительством Северной Родезии.

Сотрудничество между Замбией и Зимбабве, и без того неудовлетворительное при федеральном правительстве, оставалось сложным, что привело к тому, что Замбия стала настаивать на упразднении CAPCO и создании альтернативной организации (ZRA), которая обладала бы меньшими исполнительными полномочиями и более тесно контролируемой правительствами двух стран.

Созданную в 1987 году организацию ZRA можно считать относительно успешной с точки зрения распределения выгод на международном уровне. Оно показывает, что распределение выгод может быть проще в соглашениях по пограничным рекам с симметричными интересами, чем в трансграничных. Однако различные стороны не считали справедливым распределение затрат и выгод. Проект также осуществлялся в ущерб местному населению, которое пришлось переселять. Таблица 3 содержит обобщение приведенных примеров.

Таблица 3. Обобщенные данные по механизмам разделения выгод (Hensengerth и др., 2012).

Река/Проект	Географическое расположение и назначение плотины	Ограничения	Механизм разделения выгод
Плотины Manantali и Diama на р. Сенегал (Сенегал, Мали, Мавритания, Гвинея)	(1) и (2): Плотины в верхнем и среднем течении трансграничной реки: гидроэнергетика, навигация, орошение и контроль наводнений	(1) Финансовые ограничения на все прибрежные страны – проект рационален только коллективно (2) Сенегал и Мавритания не имеют благоприятных условий для ГЭС	Разделение затрат на совместно владеемой инфраструктуре в пропорциях к ожидаемым выгодам орошаемого земледелия, навигации и гидроэнергетики
Плотина на р. Колумбия (Канада, США)	(1) Плотина в верхнем течении трансграничной реки: гидроэнергетика и	(ii) выгоды контроля наводнений в США; дополнительное электричество для Канады	(B) увеличение общих чистых выгод путем изменения проекта плотины в верхнем течении: Канада строит плотины для контроля наводнений в нижнем

	контроль наводнений		течении и выработки электроэнергии в верхнем течении; США компенсируют Канаде инвестированные затраты покрывая половину затрат на защиту от наводнений в нижнем течении и выработки электроэнергии
LWHP на р. Оранжевый – Сенгу (Лесото, ЮАР)	(1): Плотины в верхнем течении трансграничной реки: гидроэнергетика, водоснабжение	(iii) увеличение водоснабжения для ЮАР: Снабжение электричеством для Лесото	(с) ЮАР покрывает затраты на строительство, обслуживание и дополнительное хранение и переброску воды из Лесото; Лесото получает гидроэнергетические выгоды без затрат; разделяются чистые выгоды сотрудничества в сравнении с односторонними действиями
Асуанская высокая плотина на р. Нил (Египет, Судан)	(2) Плотина в нижнем течении трансграничной реки: гидроэнергетика и орошение	Негативные экстерналии в верхнем течении	Нет, но компенсация
Плотина Кариба на р. Замбези (Замбия, Зимбабве) Плотина Итайпу на р. Рио Парана (Бразилия, Парагвай)	(3) Плотина на пограничной реке: гидроэнергетика	Симметричные выгоды и экстерналии	(А) Совместные инвестиции, распределение выгод согласно доле инвестиций

Заметка 1: Плотина Itaipu на реке Río Paraná. Электростанция Itaipu имеет установленную мощность 14 000 МВт и производит почти 100% электроэнергии Парагвая и 25% электроэнергии Бразилии. Плотина и электростанция расположены на реке Парана, в том месте, где она образует границу между Бразилией и Парагваем. Техничко-экономическое обоснование гидроэнергетического потенциала реки Парана были проведены еще в 1940-х годах, и после длительных переговоров они привели к принятию Закона об Игуасе (1966 г.). В нем обе страны договорились, что "производимая электроэнергия будет делиться поровну, причем каждой из стран предоставлялось преимущественное право приобретать по справедливым ценам любое количество электроэнергии, не используемое другой стороной для своих нужд. В соответствии с договором 1973 г. на месторождении Итайпу была создана компания Itaipu Binacional (совместное владение ELETROBRAS (Бразилия) и Национальной администрацией электричества (Парагвай)), которая построила, владеет и эксплуатирует этот объект. В соответствии с договором компания Itaipu Binacional обязана выплачивать роялти правительствам обеих стран в равных долях за эксплуатацию ресурсов. Данный случай является исключительным еще и потому, что

бразильское законодательство - в соответствии с новой Конституцией 1988 года - предусматривает, что в течение всего срока эксплуатации инфраструктуры, 45% роялти, получаемых Бразилией от Itaipu Binacional, должны распределяться между муниципалитетами, затронутыми проектом.

Выводы

- (1) Приведенные примеры показывают, что институциональное обустройство, распределение затрат и выгод необходимо вести с учётом географического расположения плотин.
- (2) Важно учесть интересы и позиции не только правительств прибрежных стран в принятии решений, но и местных сообществ подверженных негативному влиянию проектов.
- (3) Для устойчивого решения нексус-проблем необходимо учесть интересы прибрежных стран, экосистем и социальные условия населения проживающего в зоне негативного эффекта нексус-проблем.

Использованная литература

1. Ayibotele, N. B. Senegal: establishing a transboundary organisation for IWRM in the Senegal River Basin.
2. Biswas, A. K. 1999. Management of international waters: opportunities and constraints, in: *International Journal of Water Resources Management* 15 (4), 429–441
3. Columbia River Treaty (1991): online:
<http://www.ccrh.org/comm/river/docs/cotreaty.htm>.
4. Dinar, S. 2006. Assessing side-payments and cost-sharing patterns in international water agreements: the geographic and economic connection, in: *Political Geography* 25 (4), 412–437.
5. Dombrowsky, I. 2007. Conflict, cooperation and institutions in international water management. An economic analysis, Cheltenham/UK, Northampton/Mass./USA: Edward Elgar.
6. Dombrowsky, I. 2009. Revisiting the potential for benefit sharing in the management of transboundary rivers. In: *Water Policy* 11 (2), 125–140.
7. Dombrowsky, I. 2010a. The role of intra-water sector issue linkage in the resolution of transboundary water conflicts, in: *Water International* 35 (2), 132–149.
8. Dombrowsky, I. 2010b. Benefit sharing in transboundary water management through intra-water sector issue linkage? In: J. Lundqvist (ed.). *On the waterfront: selections from the 2009 World Water Week in Stockholm*, Stockholm: Stockholm International Water Institute (SIWI), 25–31.
9. Égré, D., Roquet V., Durocher, C. 2002. Benefit sharing from dam projects, phase 1: desk study, final report, Washington, DC: World Bank.
10. Giordano, M. A., Wolf A.T. 2003. Transboundary freshwater treaties, in: M. Nakayama (ed.), *International waters in Southern Africa*, New York: United Nations University Press, 71–100.

11. Hensengerth O., Dombrowsky I., Scheumann W. 2012. Benefit-sharing in dam projects on shared rivers. Discussion Paper / Deutsches Institut für Entwicklungspolitik. 52p.
12. Kipping, M. 2005. Wasserkonflikte und Wasserkooperation am Senegalfluss, in: M. Kipping / S. Lindemann. Konflikte und Kooperation um Wasser: Wasserpolitik am Senegalfluss und international. Flussmanagement im Südlichen Afrika, Münster: Lit, 22–107.
13. Kirschke, S. 2010. Grenzüberschreitendes Flussgebietsmanagement: die Rolle von Benefit Sharing-Mechanismen im Rahmen der Senegalkooperation
14. Klaphake, A. 2005. Kooperation an internationalen Flüssen aus ökonomischer Perspektive: das Konzept des Benefit Sharing, Bonn: DIE (Discussion Paper 6/2005)
15. Krutilla, J. V. 1967. The Columbia River treaty: the economics of an international river basin development, Baltimore: Johns Hopkins University Press.
16. Mäler, K.-G. 1990. International environmental problems, in: Oxford Review of Economic Policy 6 (1), 80–107.
17. Phillips, D. et al. 2006. Transboundary water cooperation as a tool for conflict prevention and broader benefit-sharing, Stockholm: Swedish Ministry of Foreign Affairs
18. Putnam, R. D. 1988. Diplomacy and domestic politics: the logic of two-level games, in: International Organization 42 (3), 427–460
19. Tremmel, M. et al. 1995. The people of the great river, in: The Aisling Magazine 17, Samhain; online: <http://www.aislingmagazine.com/aislingmagazine/articles/TAM17/River.html>.
20. Whittington, D. / E. McClelland. 1992. Opportunities for regional and international cooperation in the Nile basin, in: Water International 17 (3), 144–154.
21. Yu, W. H. 2011. Benefit sharing in international rivers: findings from the Senegal River Basin, the Columbia River Basin, and the Lesotho Highlands Water Project, Washington, DC: World Bank.

3.3. НЕКСУС ВОДНОЙ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В МЕСТНОМ КОНТЕКСТЕ

Содержание

1. Безопасность продовольственная, водная и энергетическая
2. Концепция нексус подхода к безопасности ВЭП
3. Репрезентативные структуры нексуса ВЭП и их основные характеристики

Безопасность продовольственная, водная и энергетическая

Продовольственная безопасность – «все люди в любое время имеют физический и экономический доступ к достаточному количеству безопасной и питательной пищи для удовлетворения своих потребностей в продуктах питания и пищевых предпочтений для активной и здоровой жизни». Производство продуктов питания, доступность продуктов питания и качество продуктов питания являются тремя

ключевыми элементами продовольственной безопасности.

Водная безопасность — «способность гарантировать населению устойчивый доступ к достаточному количеству воды приемлемого качества для поддержания средств к существованию, благосостояния людей и социально-экономического развития, для обеспечения защиты от загрязнения и стихийных бедствий, связанных с водой, и для сохранения экосистем в условиях мира и политической стабильности» (UN-Water, 2013).

Энергетическая безопасность – «непрерывное наличие источников энергии по доступной цене» (IEA, 1974).

Концепция нексус подхода к безопасности ВЭП

Нексус подход определяется как «подход, который объединяет управление и руководство в разных секторах и масштабах» (Hoff, 2011). Этот подход эффективен для повышения уровня водной и энергетической безопасности за счет повышения эффективности, снижения компромиссов, развития синергии и улучшения управления. В этом подходе все еще есть пробелы в знаниях, включая дисгармонию аналитической основы для преодоления институциональных разногласий и неравенства полномочий между секторами. Не существует единой методики, которую можно было бы применять в каждом конкретном случае надлежащим образом (Endo et al., 2015).

Важность структуры взаимосвязи безопасности ВЭП (Рис. 1)

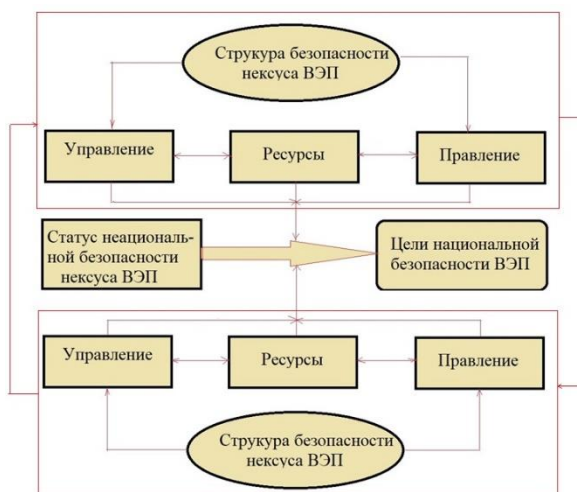


Рис. 1. Структура взаимосвязи безопасности ВЭП

Источник: Purwanto A., 2021

Репрезентативные структуры нексуса ВЭП и их основные характеристики

А. Нексус воды, энергии и продовольствия, и вклад эко-системных услуг Гималая

- Основной концепции являются товары и услуги экосистем для поддержания нексус секторов ВЭП Южной Азии (ICIMOD, 2012)
- Ключевые принципы:
 - (1) Восстановление ёмкости водохранилищ
 - (2) Развитие климатически, экологически и социально-дружественной инфраструктуры

- (3) Адекватные инвестиции в управление, механизм стимулирования в управлении экосистемами

В. Нексус Вода-Энергия-Земельные ресурсы (ВЭЗ)

▪ Эта структура расширяет перспективу взаимосвязи включением конкуренции за землепользование сельского хозяйства, лесов, населённых пунктов, инфраструктуры, биоразнообразия, включая конкуренцию за воду (European Report on Development, 2012).

▪ Ключевые принципы:

- (1) Переосмысление подхода к природным ресурсам,
- (2) Преобразующие действия в отношении спроса, предложения, эффективности и устойчивости природных ресурсов,
- (3) комплексное решение для подходящего управления ВЭЗ

С. Структура нексус подхода ресурсов

▪ Это структура нексус подхода основана на 5 основных ресурсах: вода, энергия, минералы, продовольствие, и земельные ресурсы (Andrews-Speed *et al.*, 2012)

Ключевые принципы:

- (1) Удвоение эффективности использования ресурсов,
- (2) Переход к устойчивым энергетическим системам
- (3) Координация действий по правильному ценообразованию ресурсов,
- (4) Переосмысление «хорошей жизни» и экономического роста на основе постоянно растущего потребления ресурсов,
- (5) Работать вместе для разрешения споров,
- (6) Реинвестирование в глобальное лидерство

D. Структура объединяет оценку трёх секторов – земельных ресурсов, энергетических и водных ресурсов используя несколько инструментов – LEAP (SEI), WEAP (SEI), AEZ (IISA, FAO) для различных сценариев изменения климата (Howells *et al.*, 2013).

▪ Ключевые принципы:

- (1) Определение точек, в которых системы ресурсы взаимодействуют
- (2) Установить соответствующий обмен данными между модулями,
- (3) Повторение процесса через серию итераций

Е. Нексус диалог: согласованные ключевые взаимосвязи

▪ Центр структуры есть экосистемы и климат, и окружающая среда как внешние факторы

(UNECE, 2015)

Ключевые факторы:

- (1) Политические решения
- (2) Управление землепользованием,
- (3) Кооперативные соглашения
- (4) Технологии, эксплуатация и инфраструктура
- (5) Координация и связь

(6) Экономические инструменты (рыночно-ориентированные и регуляторные)

F. Структура связи водная, продовольственная и энергетическая безопасность

▪ Управление экосистемой есть ядро структуры (Bizikova et al., 2013).

▪ рекомендуемая политика:

- (1) Интегрированный подход к разработке политики
- (2) Инвестиции в земельные ресурсы и сельское хозяйство
- (3) Адаптивное управление возможностями и рисками

▪ Стадии:

- (1) Оценка безопасности системы ВЭП,
- (2) Предвидение будущего ландшафта,
- (3) Инвестиции в безопасность ВЭП
- (4) Трансформирование систем

G. Подход к нексусу ВЭП (Flammini et al., 2014)

▪ Эта структура описывает взаимосвязи между человеческой активностью и природными ресурсами с 4 основными компонентами;

(1) Цели и интересы, (2) ресурсная база, (3) Управление нексусом и (4) драйверы, например население, руководство, изменение климата и другие

▪ Ключевые принципы:

- (1) обеспечить пошаговый процесс на разработку политики и вмешательств в нексус пути,
- (2) сочетать количественные и методы качественной оценки,
- (3) предлагаемые показатели основаны на доступных наборах данных
- (4) связать оценку вмешательства с контекстным статусом

H. Нексус взаимосвязи между водой, энергией, продовольствием и безопасностью (Bellfield et al., 2016)

▪ Эта структура определяет взаимодействия между компонентами безопасности ВЭП в пределах планирования национального развития с водной безопасностью как ядро системы, поддержанное лесами в качестве главной заботы

Ключевые принципы:

компромиссы между сельскохозяйственным производством и био-топливными культурами и вырубкой лесов,

Лесовосстановление и защита водоразделов, взаимодействие между целями ВЭП и лесом в планировании национального развития

I. Нексус Вода, земельные ресурсы, энергия, продовольствие и климат WLEFC (Ramos et al., 2020)

▪ Систематическая основа научного исследования, включающая разработку последовательных политических целей, и инструментов для решения синергии, конфликтов и связанных с ними компромиссов во взаимодействии между WLEFC на биофизическом, социально-экономическом и управленческом уровне.

▪ Ключевые принципы: (1) согласованность политики, (2) ресурсо-эффективность, (3) межотраслевая управление, (4) междисциплинарные генерирование знаний, (5) равный вес каждого сектора.

Ж. Основные взаимосвязи между земельными ресурсами, водой и энергией (OECD, 2017)

▪ Эта структура показывает, как биофизические ресурсы взаимосвязаны с экономической деятельностью и рядом ключевых политических целей. Оно также учитывает влияние социально-экономических условий, изменения климата и политики в отношении компромиссов и синергизма во взаимосвязи LWE (Таблица 1).

Таблица 1. Оценка отобранных некус структур ВЭП

Основные характеристики некус подхода/ структура	Структура некус подхода									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1. Включение ВЭП и экзогенные переменные, мультиресурсный подход	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
2. Социальное, экономическое и политическое содержание		v	v	v	v	v	v	v	v	v
3. Зеленая экономика, устойчивость, экологическое содержание	v			v	v	v	v	v	v	v
4. Междисциплинарный и трансдисциплинарный	v	v		v	v	v	v	v	v	v
5. Принятие решений, разработка политики, руководстве, ориентированность на решения	v	v	v	v		v	v		v	v
6. Включение глобальных тенденций		v	v	v	v	v	v		v	v
7. Тематическое исследование, местный охват, специфический контекст, внутренний контекст	v			v	v		v	v	v	
8. Нарастание потенциала, повышение осведомленности					v	v	v	v	v	
Пространственно-временной охват	v			v			v		v	

Продолжение Таблицы 1.

Основные характеристики некус подхода/ структура	Структура некус подхода									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
10. Практическое руководство по реализации и моделированию				v	v		v		v	
11. Смешанный метод качественный-количественный				v		v	v		v	
12. Сотрудничество, коллективный подход Вовлечение заинтересованных сторон					v	v	v		v	
13. Надежные наборы данных, минимальные требования к данным	v			v			v		v	
14. Содействовать инновациям, мобилизации знаний, теоретическому подходу				v			v		v	
15. Основное внимание уделяется безопасности ресурсов ВЭП	v					v		v		
16. Соответствующие и проверенные этапы с использованием системного подхода и критического анализа				v			v		v	

Ключевые принципы: 1-й домейн (ресурсы LWE) представляет биофизическую систему, количество и качество, ресурсы 2-го домейна (товары и услуги), которые удовлетворяют потребности населения. например сельское хозяйство,

преобразование энергии и водоснабжения, 3-й домейн подчёркивает взаимосвязь ресурсов.

Приведенные структуры использовались в качестве справочных на многих уровнях управления (например, глобальном, национальном, региональном и т. д.) и в пространственных масштабах (например, в масштабе бассейна, в масштабе домохозяйства и т. д.) управления и планирования. Из-за их общего характера многие из них не могут быть применены напрямую, поскольку для учета конкретных обстоятельств необходимы модификации на местном уровне. Необходимо провести такую всестороннюю проработку и корректировку, следуя принципам контекстной специфики и взаимодействия с заинтересованными сторонами для решения проблем и повышения их применимости для оказания помощи лицам, определяющим политику на местном уровне, и другим заинтересованным сторонам. Все рассмотренные структуры предполагают необходимость комплексного управления ресурсами ВЭП. Они могут включать изменение климата, рост населения и социально-экономическое развитие. Основные различия между структурами включение ключевых принципов применительно к местным условиям (например, водные ресурсы, производство продуктов питания и диалог с заинтересованными сторонами), масштабы каждой структуры и экзогенные факторы, которые влияют и считаются подверженными влиянию связи ВЭП.

Выводы

Все рассмотренные структуры ВЭП предполагают необходимость комплексного управления ресурсами. Они могут включать изменение климата, рост населения и социально-экономическое развитие. Основные различия между структурами включение ключевых принципов применительно к местным условиям (например, водные ресурсы, производство продуктов питания и диалог с заинтересованными сторонами), масштабы каждой структуры и экзогенные факторы, которые влияют и считаются подверженными влиянию связи ВЭП.

Практическое занятие

К семинару магистранты должны подготовить презентацию особенностей одной из вышеприведённых нексус-структур.

Вопросы для оценки усвоения материала

1. Что понимается под продовольственной безопасностью?
2. Что понимается под водной безопасностью?
3. Что понимается под энергетической безопасностью?
4. В чем особенность структуры Нексус воды, энергии, продовольствия и экосистемных услуг Гималая?
5. В какой нексус-структуре управление экосистемой является ядром?
6. Какая нексус-структура нацелена на удвоение эффективности использования ресурсов.
7. Какая нексус-структура рассматривает перспективу взаимосвязи с включением конкуренции за землепользование, сельского хозяйства и лесов.

Литература

1. Purwanto A. 2021. Grasping the water, energy, and food security nexus in the local context. Case study: Karawang Regency, Indonesia, IHE, PhD Thesis.

3.4. НЕКСУС МЕЖДУ ВОДОЙ, ЭНЕРГИЕЙ И ПРОДОВОЛЬСТВИЕМ В ПЛАНИРОВАНИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Содержание

1. История
2. Межсекторальные связи
3. Приложение системного анализа
4. Нексус воды, энергии и продовольствия
5. Методология

Введение

Древние общества в Северной Африке, Азии и на Ближнем Востоке располагались вблизи источников пресной воды, в основном рек, чтобы обеспечить легкий доступ для бытовых, ирригационных и животноводческих целей. Промышленная революция восемнадцатого века принесла демографический бум, быстрый рост уровня жизни и растущий спрос на воду для промышленных, энергетических и горнодобывающих целей. На протяжении всей истории наук о материалах и насосных технологиях их развитие способствовало упрощению транспортировки воды, что приводило к резкому увеличению количества используемой воды (Duffy, 2013). К двадцатому веку количество потребляемой воды резко увеличилось, поскольку доступ к воде стал ещё легче из-за улучшения доступа к энергии. Увеличение объемов продовольствия путем освоения земель и использования дополнительных водных ресурсов было достигнуто за счет сработки запасов топливных ресурсов.

До XX века фермеры орошали сельскохозяйственные поля только при наличии самотёчного доступа к воде. В XX веке с появлением технических новшеств, орошение стало развиваться вдали от источников. Сегодня, несмотря на технологические возможности, вопросы орошения стали более сложными. Повсеместные разработки и повышение стандартов в различных областях побудили научное сообщество искать новые методы для решения сложных задач (Arnold and Wade, 2015). Стремление внедрить водосберегающие технологии и увеличить объемы доступной воды сделало водное хозяйство энергоёмким.

Межсекториальные связи

Использование воды увеличилось из-за упрощения доступа к энергии, однако при этом использование невозобновляемых ресурсов приводит к истощению их запасов. Наряду с этим, значительный рост потребления водных ресурсов вызвал новые проблемы: высокий спрос на воду и энергию, ухудшение состояния окружающей среды и

проблемы с распределением ресурсов, приводят к проблемам в других секторах экономики. Повышенный спрос на энергию в водном хозяйстве в условиях истощения невозобновляемых энергоресурсов способствовал росту цен на энергию, и увеличил спрос на воду в энергетическом секторе. Производители энергии переместили свои усилия с тепловой энергетики на угле и нефти на газ и гидроэнергетику. В то же время возросший спрос на продовольствие увеличил спрос на воду в сельском хозяйстве, что привело к новому циклу спроса на энергию. Так появились проблемы нексуса воды и энергии.

Приложение системного мышления

Системное мышление и теория систем применяются в реальных приложениях со времен Второй мировой войны для решения сложных проблем, а также для рассмотрения взаимосвязанных параметров и компонентов (Steven, 2011). *Теория систем включает три основных столпа устойчивости: экономический, социальный и экологический, и способствует лучшему пониманию взаимосвязей между ними* (Cattano et al., 2011). Таким образом, становление и совершенствование теории системного анализа создало основу для развития подхода к управлению ресурсами, основанному на взаимосвязи между водой, энергией и продовольствием (нексус ВЭП).

Нексус воды, энергии и продовольствия

С 2010 года взаимосвязь ВЭП стала важной темой в научной литературе. ФАО описывает взаимосвязи ВЭП как «полезную концепцию для описания и рассмотрения сложного и взаимосвязанного характера наших глобальных систем ресурсов, от которых зависит достижение различных социальных, экономических и экологических целей» (ФАО, 2014). Безопасность первичных ресурсов является центральной проблемой этой взаимосвязи (Бизигова и др., 2013). Подход помогает продвигать более устойчивое будущее, определяя динамические взаимосвязи между системами ресурсов ВЭП. Дисциплины, лежащие в основе каждой из этих систем, не заменяются, а встроены для решения проблем, связанных с надежностью неразрывно связанных первичных ресурсов (Mohtar and Daher, 2012). Нексус подход ВЭП может обеспечить общее повышение эффективности и устойчивости использования ресурсов, т.е. нексус фокусируется на эффективности системы, а не на отдельных секторах, составляющих систему (Hoff, 2011). От глобальных целей Организации Объединенных Наций в области устойчивого развития (ЦУР) до региональных и местных целей, Нексус ВЭП стал центральным элементом обсуждения потенциального баланса интересов и перспектив между частным и государственным секторами, и гражданским обществом в отношении распределения одних и тех же ресурсов (Мохтар и Лоуфорд, 2016).

Структура нексус анализа ВЭП

Структура нексус анализа представлена на Рис. 1 и в Таблице 1.

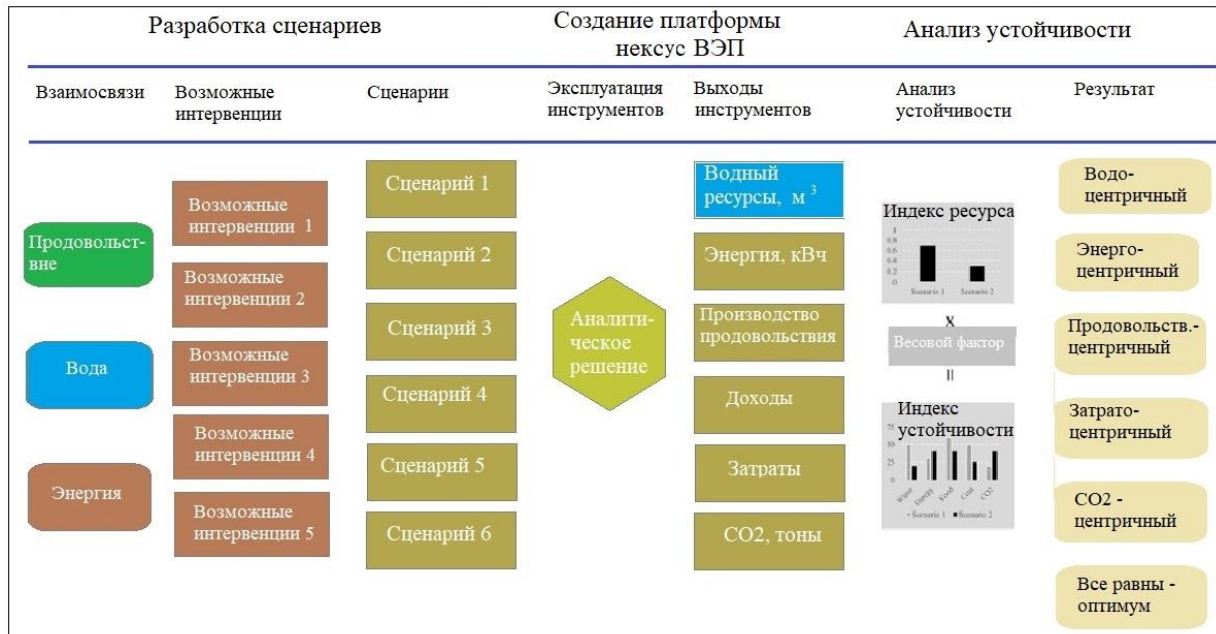


Рис. 1. Структура нексус анализа.

Таблица 1: Сценарии и интервенции

Интервенции		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сценарии	1		✓						✓		✓
	2			✓							
	3			✓			✓				✓
	4						✓		✓		
	5	✓				✓		✓			
	6	✓					✓	✓	✓		
	7	✓			✓						✓
	8		✓							✓	✓
	.		✓				✓		✓		
	.				✓		✓	✓		✓	

Каждый сценарий есть комбинация интервенций. Знак отметки указывает на то, что сценарий в столбце включает интервенции в указанных рядах

В этом разделе рассмотрена нексус-модель ВЭП, которая определяет причины нехватки водных ресурсов и предоставляет сценарии, составленные на основе осуществимых вмешательств в совершенствование инфраструктуры из нексуса модели можно извлечь устойчивые рекомендации, учитывающие нексус-взаимосвязи, в отличие от традиционных методов.

Системный нексус подход ВЭП к планированию (водных) ресурсов снижает затраты, экономит использование первичных ресурсов, обеспечивая при этом те же услуги первичных ресурсов.

Основными задачами нексус-анализа являются:

- 1) Детальный анализ последствий и синергии взаимовлияния ВЭП
- 2) Определение сценариев, состоящих из инфраструктурных вмешательств, которые могут снизить риск и уязвимость в отношении безопасности первичных ресурсов (вода, энергия, продукты питания).
- 3) Разработка нексус платформы ВЭП: нексус воды, энергии и продовольствия на системном уровне, включая инструменты для количественной оценки компромиссов в разработанных сценариях.
- 4) Анализ устойчивости: разработка критериев для получения оптимальных сценариев и с их помощью анализ экономической, социальной и экологической устойчивости, а также их компромиссных последствий для водных, энергетических и продовольственных ресурсов, а также в целом экосистем.

Методология

Методология подхода представлена схематически на рис. 2.

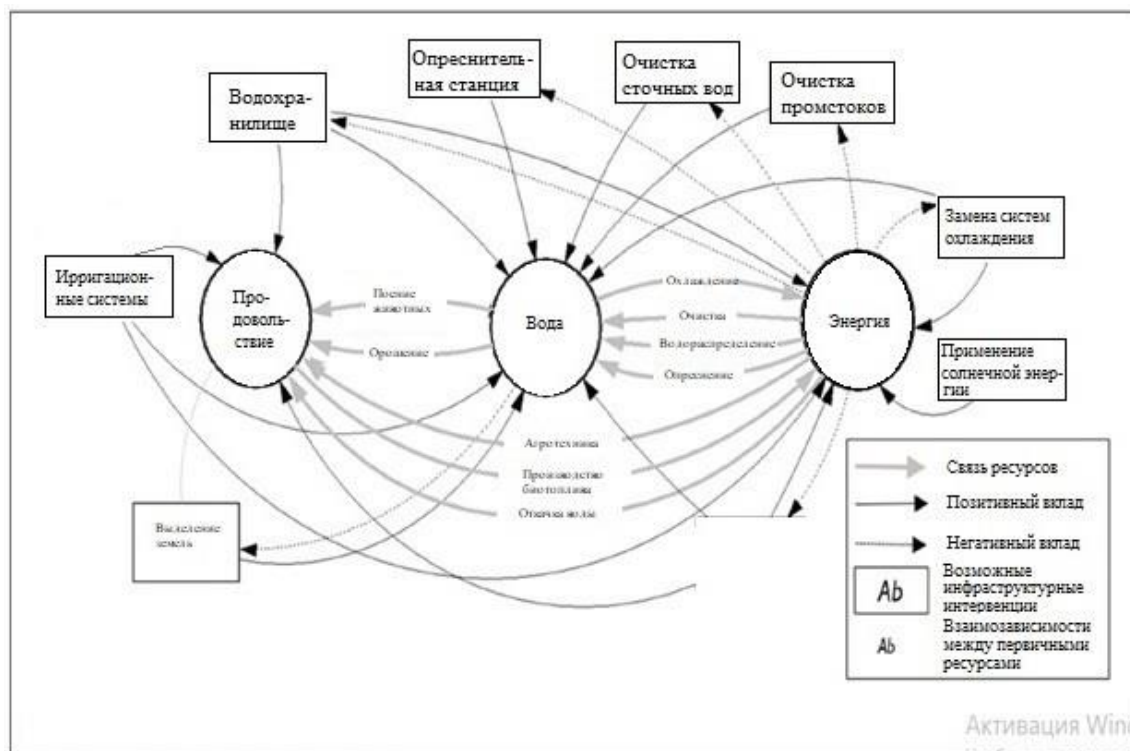


Рис. 2. Схематическое представление модели нексуса Вода, энергия и продовольствие

Данная аналитическая структура опирается на взаимосвязь между первичными ресурсами (т. е. вода необходима для производства продуктов питания, орошение требует энергии) и состоит из заявленных основных целей. Прогнозы долгосрочной устойчивости основаны на анализе данных за конкретный год; затем они пересчитываются на перспективу.

Методология включает следующие шаги:

Шаг 1: Определение сценариев

Взаимосвязи вода-продовольствие, вода-энергия, и вода-энергия, энергия-продовольствие..., отраженные в общем распределении ресурсов на выбранной территории, дают возможность анализировать стрессы которые, ведут к необеспеченности доступными ресурсами. Исследование нексуса обеспечивает основу для интервенций, которые позволяют улучшить безопасность ресурсов ВЭП, тем самым гарантируя более устойчивое будущее. Интервенции могут включать оросительные системы на уровне ферм, севообороты, новые водохранилища, улучшение системы водораспределения, более совершенные системы охлаждения, и производство электроэнергии, основанной на солнечной энергии.

Вмешательства варьируют в зависимости от местных потребностей и возможностей

Возможные интервенции в уязвимых регионах должны учитывать местные цели и ограничения. Экологические ограничения следует использовать в качестве ограничений для обеспечения устойчивого будущего. Требования к экологическому стоку и рекомендации по забору подземных вод необходимо использовать в качестве основных ограничений. Возможные вмешательства используются для формирования сценариев.

Шаг 2: Развитие нексус платформы ВЭП

Этот подход предполагает, что ресурсы ВЭП неразрывно связаны друг с другом. Важно, чтобы взаимосвязи были исследованы до составления аналитической оценки. Так вода необходима для производства продуктов питания, на орошение и кормление животных. Для производства продуктов питания требуется энергия, для эксплуатации насосов для орошения и других методов ведения сельского хозяйства (например, для обработки почвы, внесения удобрений, посадки).

Биотопливные культуры могут способствовать производству энергии, но требуют выделения земли для их производства. Добыча и выработка энергии зависит от наличия водных ресурсов: для большинства видов энергетики требуется охлаждение, часто обеспечиваемое пресной водой.

Энергия необходима для использования водных ресурсов: для очистки, распределения и опреснения. Таким образом, устойчивое развитие экономики, основанной на водных, энергетических и сельскохозяйственных ресурсах, должно быть сосредоточено на взаимосвязях этих трех факторов и на том, как они влияют друг на друга. [Необходимо отметить важность включения сюда и четвертого фактора – экосистем, как одной из важных основ принятия решения по использованию ресурсов.]

Количественная оценка нексуса

Для дальнейшего анализа нексус связи должны быть определены количественно. С этой целью используется тот или иной аналитический инструмент, основанный на входных сценариях, в котором каждый сценарий имеет заданный набор возможных вмешательств. Задача инструмента предоставить количественные результаты для каждого сценария:

- ✓ общий спрос и предложение воды
- ✓ общий спрос и предложение энергии
- ✓ общий спрос и предложение продовольствия
- ✓ доходы от сельского хозяйства,
- ✓ выбросы CO₂ и
- ✓ стоимость соответствующих инфраструктурных проектов

Количественные параметры, получаемые в результате использования инструмента, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Количественные параметры получаемые на основе инструмента

Символ	Параметр	Ед. измерения
W	Водные ресурсы	м ³
E	Электроэнергия	Киловат-час (кВтч)
F	Произведенная продукция	Зерно, ..., КРС (кг)
R	Доходы от производства продовольствия	Доллары США (\$)
C	Стоимость	Доллары США (\$)
CO ₂	Карбонатный след	Тон (t)

Эти параметры необходимы по секторам водное хозяйство, энергетика, сельское хозяйство.

Шаг 3: Анализ устойчивости

Анализ устойчивости сценариев состоит из двух шагов: нормализация и перспективы заинтересованных сторон.

Во-первых, нормализация необходима для приведения разнородных выходных данных и единиц сценария в единую плоскость, таким образом, разнородные единицы опускаются. Количественные результаты, полученные с помощью инструмента, нормализуются для каждого сценария, чтобы обеспечить индексы ресурсов. Индексы ресурсов ранжируются от 0 до 1,0, а результаты нормализуются с учетом наибольшего значения результатов.

Во-вторых, необходимо отразить точку зрения заинтересованных сторон: у заинтересованных сторон могут быть разные взгляды на ресурсы. Все ресурсные индексы умножаются на заранее определенные весовые коэффициенты.

Расчет индекса ресурса производится по формуле

$$\text{Resource Index}(i) = \frac{\text{Output}(i)}{\text{Max}(\text{Output}(i))}$$

Где Resource index(i) есть нормализованные числа для каждого ресурса. Они

варьируются от 0 до 1. i : количество сценариев в диапазоне от 1 до 25. Процессы нормализации завершаются с использованием выходных данных сценариев и максимальных выходных данных всех сценариев для такого параметра, как вода, энергия, доход, стоимость и выбросы CO₂, как описано выше.

Ниже представлена формула для расчета индекса каждого изучаемого ресурса

$$W^*(i) = \frac{W(i)}{\text{Max}(W(i))}$$

Весовые коэффициенты, сумма которых равна 1, применяются к индексам ресурсов (Таблица 3). Более высокие значения назначаются на основе данной важности ресурса.

Например, анализ может иметь:

- | | |
|---|---------------------|
| 1) ориентацию на воду, приоритет водные ресурсы | (ПВ) |
| 2) ориентацию на продукты питания | (ПП) |
| 3) ориентацию на энергию | (ПЭ) |
| 4) ориентацию на выбросы CO ₂ | (PCO ₂) |
| 5) ориентацию на затраты | (ПЗ) |
| 6) Все цели равноценны | (НП) |

Вычитание суммы произведений индексов ресурсов и весовых коэффициентов из 1,0 дает индексы устойчивости (весовые коэффициенты см. в таблице 3).

Таблица 3: Весовой коэффициент

Выход	Символ	Перспектива заинтересованных сторон					
		ПВ	ПП	ПЭ	PCO ₂	ПЗ	НП
Вода	W	a1	b1	c1	d1	e1	f1
Энергия	E	a2	b2	c2	d2	e2	f2
Продукт	R	a3	b3	c3	d3	e3	f3
Затраты	C	a4	b4	c4	d4	e4	f4
CO ₂	CO ₂	a5	b5	c5	d5	e5	f5
Общее		1	1	1	1	1	1

Расчет индекса устойчивости

Каждый сценарий имеет индексы устойчивости, основанные на точках зрения заинтересованных сторон. Перспективы отражаются с использованием весовых коэффициентов. Поэтому сценарии можно ранжировать. Более высокий индекс устойчивости означает более устойчивый сценарий:

$$\text{Sustainability Index}_i = 1 - \left(\sum Wf_i \times \text{Resource Index}_i \right)$$

Где, Sustainability Index(i): индексы для сценария i , отражающие уровень устойчивости каждого сценария. Каждый сценарий будет иметь 6 видов индексов устойчивости (водный, энергетический, продовольственный, CO₂, стоимостный и общий); $Wf(i)$: Весовой коэффициент для сценария i .

Индексы устойчивости позволяют ранжировать сценарии с точки зрения водных

ресурсов, энергии, продуктов питания, затрат, выбросов CO₂ и равноценности ресурсов. Важно отметить, что для данного сценария желательно снизить потребность в воде, энергии, затрат и выбросов углекислого газа, в то время как необходимо стремиться к повышению доходов от сельского хозяйства, что способствует устойчивости системы.

Пример Округа Матагорда

Округ Матагорда, штат Техас, расположен недалеко от центра Техасского побережья Мексиканского залива. Матагорда издавна окружена крупными городами Хьюстон, Остин и Сан-Антонио. Население составляет около 36 598 человек. Крупнейшие города округа — Бэй-Сити и Паласиос. Основными секторами занятости являются сельское хозяйство, производство энергии и химическое производство (MCEDC, 2016). Нехватка воды в округе в первую очередь связана с потребностью в орошении и производстве пара для производства электроэнергии, которые потребляют 62 и 31%, соответственно, от общего водопотребления. Ожидается, что к 2020 году в округе будет наблюдаться самый высокий спрос на воду для производства электроэнергии среди 254 округов Техаса: 130 млн м³ (TWDB, 2016a).

Совет по водным ресурсам Техаса (TWDB), главное агентство штата, связанное с водными ресурсами, представляет планы по водным ресурсам с пятилетним циклом. Государственный план водоснабжения на 2017 год (TWDB-2017) указывает на ожидаемую нехватку 240 млн м³ в 2020 году для округа Матагорды. Более половины общей потребности в воде останется неудовлетворенной при существующих запасах воды. Анализ использования водных ресурсов показывает, что нехватка воды в округе в первую очередь связана с потребностью в орошении и для производства электроэнергии, которые потребляют 62 и 31%, соответственно, от общего водопотребления. Обе отрасли имеют решающее значение для экономики округа. Долгосрочные планы указывают на то, что этот разрыв сохранится, в результате чего округ станет одним из самых неблагополучных по воде среди 254 округов Техаса (TWDB, 2016a).

Проект Южного Техаса (STP) является крупнейшим потребителем воды в округе Матагорда и обеспечивает электроэнергией города Хьюстон, Остин, Сан-Антонио и другие прилегающие районы. На перспективу в округе будет наблюдаться самый высокий спрос на воду для производства паровой электроэнергии: 130 млн м³ (TWDB, 2016a). Одна треть общих водных ресурсов округа напрямую потребляется STP для целей охлаждения. Планируется расширение электростанции. STP охлаждается резервуаром-охладителем (MCR) площадью 2830 га. Объем MCR при нормальной работе составляет 250 млн м³ (Wurbs and Zhang, 2014). Насосная станция на берегу реки Колорадо восполняет потери воды на испарение или просачивание из охлаждающего резервуара. Наряду с забором воды из реки, используются грунтовые воды и осадки. Вода MCR сокращается за счет: естественного испарения; искусственного испарения за счет тепла (около двух третей произведенной энергии выбрасывается в виде тепла в окружающую среду); просачивания или сброса воды обратно в реку.

Построение сценариев. Возможные интервенции, связанные с сельским хозяйством, водными и энергетическими ресурсами, были определены как решения существующей и ожидаемой нехватки воды в исследуемой области. Для округа были предложены следующие возможные меры: сокращение отвода земель, улучшение внутрихозяйственных ирригационных систем, поставка новых водных ресурсов для сельскохозяйственного потребления и повторного использования воды в муниципальных и промышленных целях, изменение систем охлаждения и поставка альтернативных водных ресурсов для атомной энергетики, и строительство новой электростанции, основанной на солнечной электростанции. Всего было составлено 25 сценариев; каждый использует комбинацию те или иные указанные интервенции.

Базовый сценарий ("business as usual" or BAU) не предполагает никаких вмешательств и используется для сравнения разработанных сценариев. В таблице 4 показаны рассмотренные сценарии, например, в сценарии 8 есть только вмешательство 4, в то время как сценарий 9 имеет интервенции 1, 3, 4 и 5.

Инструмент был применен к каждому сценарию, и были получены количественные результаты. Количественные результаты были нормализованы для получения индексов.

Анализ устойчивости. Количественные результаты были нормализованы для получения индексов ресурсов. Затем индексы ресурсов были умножены на весовые коэффициенты. Для интервенций, ориентированных на воду, продукты питания, энергию, затраты и CO₂, наивысшее значение весового коэффициента (0,40) было присвоено самому важному результату. Остальные результаты были одинаково взвешены по 0,15, так как их важность было желательно учитывать в нексус анализе. Сумма весовых коэффициентов каждой перспективы равнялась 1,0. Что касается последней перспективы, все ресурсы равны, всем весовым коэффициентам присваивались одинаковые значения: по 0,20 для каждой. Т. е. каждый анализ учитывал влияние интервенций на водные, энергетические и продовольственные ресурсы, а также его финансовые затраты и выбросы CO₂.

Перспективы применения данного метода в других условиях. Применение исследования в других регионах (особенно в развивающихся странах) потребует большего количества предположений относительно данных, хотя методология исследования предназначена для повсеместного применения. Возможно, потребуется принять во внимание некоторые аспекты взаимосвязей ВЭП, которые не охватываются в тематическом исследовании, такие как гидроэнергетика и биотопливо, в зависимости от новой области исследования. Затем следует включить местные и региональные законодательные ограничения. Например, законодательство Техаса, включая существующие права, охватывающие округ Матагорда, сыграло огромную роль при определении ограничений исследования. Однако в других частях мира будет другое законодательство, которое необходимо изучить перед разработкой сценариев. Учет существующих экологических ограничений, например значения экологического стока и забора подземных вод. Конкретные экологические показатели могут быть применены к новым зонам исследований. И последнее, но не менее важное: должны быть приняты во внимание текущая и перспективная практика в сельском хозяйстве,

водопользовании, использовании энергии.

Таблица 4. Сценарии и возможные системы вмешательства.

	Отвод земель	Орошение	Новое источник воды	Коммунальные	Пром.	Охлаждающая
Сценарии	Современная практика Больше земель и вода для новых культур Больше земель для водо-дефицитных культур Те же орошаемые земли но меньше плотин и культур Совершенствование системы доставки воды Совершенствование орошения на уровне фермерских хозяйств	Новые водохранилища Рассоление морской воды (ВА) Рассоление морской воды (ВБ) Рассоление минерализованных грунтовых вод (ВА) Рассоление минерализованных грунтовых вод (ВБ)	Повторное использование воды в Хьюстоне (ВА) Повторное использование воды в Хьюстоне (ВБ) Повторное использование воды в Хьюстоне (ВС) 50% использование коммунально-бытовых стоков 80% использование коммунально-бытовых стоков 50% использование промышленных стоков 80% использование промышленных стоков	Современная практика забора воды из реки Забор воды из нового водохранилища Использование морской воды Повторное использование сточных вод г. Хьюстон Строительство солнечной электростанции		
1	+	+				
2	+	+				
3	+	+				
4	+	+	+			
5	+	+	+			
6	+	+	+			
7	+	+	+			
8	+	+	+			
9	+	+	+			
10	+	+	+			
11	+	+	+			
12	+	+	+			
13	+	+	+			
14	+	+	+			
15	+	+	+			
16	+	+	+			
17	+	+	+			
18	+	+	+			
19	+	+	+			
20	+	+	+			
21	+	+	+			
22	+	+	+			
23	+	+	+			
24	+	+	+			
25	+	+	+			

Результаты некус анализа

Количественные результаты (аналитические результаты) каждого сценария и результаты анализа устойчивости указывают ранжирование сценариев на основе различных точек зрения на устойчивость. Некусный аналитический инструмент ВЭП предоставляет количественные результаты для каждого из этих сценариев. Равноценные сценарии необходимо дополнительно проанализировать для определения и рекомендации наиболее устойчивых сценариев. На каждом графике ось X представляет сценарии, а ось Y представляет выходные результаты. Определенные

весовые коэффициенты (таблица 5) были умножены на нормализованные выходные значения, чтобы заинтересованные стороны могли отразить свое мнение.

После завершения анализа устойчивости рассчитываются индексы устойчивости, ранжированные от 0 до 1. Результатами анализа устойчивости являются рейтинги сценариев, основанные на анализе устойчивости.

Сценарии были ранжированы на основе приоритетов: (1) водо-центричный, (2) центричный на продукты питания, (3) энерго-центричный, (4) центричный на выбросы CO₂, (5) центричный на затраты и (6) перспективы равноценности ресурсов. Первый сценарий (S-1) является базовым сценарием, для которого не требуется никаких новых вмешательств.

Результаты анализа устойчивости для перспективы все-равны, которая является объективной перспективой, показывают, что сценарий 9 (S-9) является лучшим сценарием с точки зрения устойчивости. Наименее устойчивый сценарий — S-14. Базовый сценарий (S-1) также используется для проверки. Вмешательства, рекомендованные S-9, S-1, S-14, можно увидеть из сценариев приведенных в Таблице 5.

Таблица 5: Предпочитаемые весовые коэффициенты для сценариев

Выходная информация	Параметры	Символ	Водо-центр.	Энерго-центр.	Прод. центр.	Затрато-центр.	CO ₂ -центр.	Все равны
Требования на воду	(м ³)	W	0.4	0.15	0.15	0.15	0.15	0.2
Требования на энергию	(кВтч)	E	0.15	0.4	0.15	0.15	0.15	0.2
Сельскохозяйственные доходы	(\$)	R	0.15	0.15	0.4	0.15	0.15	0.2
Стоимость	(\$)	C	0.15	0.15	0.15	0.4	0.15	0.2
Эмиссии CO ₂	(тонн)	CO ₂	0.15	0.15	0.15	0.15	0.4	0.2

В таблице 6, представленной ниже, даны количественные результаты анализа устойчивости трех основных сценариев (наилучший, базовый и наихудший). Потребность округа в воде составляет 460 млн м³ по С-1 (базовый сценарий), 438 млн м³ по С-9 (наиболее устойчивый сценарий) и 720 млн м³ по С-14 (наименее устойчивый сценарий). Желательно, чтобы в устойчивом сценарии потребность в воде была меньше, как в S-9. Что касается водоснабжения, результаты показывают, что S-14 обеспечивает самое высокое водоснабжение 678 млн м³. Хотя большее водоснабжение означает большую устойчивость, источники водоснабжения S-14 (морская вода, солоноватые подземные воды, повторное использование воды). Повторное использование воды снижает устойчивость из-за затрат энергии.

Таблица 6. Результаты лучшего, худшего устойчивого и Бизнес как обычно сценариев

Выходные параметры (годовые)	Ед. измерения	Бизнес как обычно,	Лучший	Худший
		S- 1	сценарий S 9	сценарий S 14
Требования на воду	Млн м ³	460	438	720
Требования на энергию	Млн кВтч	60	39	754
Произведенная солнечная электроэнергия	Млн кВтч	0	105	0
Эмиссия CO ₂	Тонн	12,200	10,100	1,02,400
С.х. Доходы	Млн \$	188	239.1	270.6
Затраты проектов	Млн \$	0.2	19	57.8
Затраты воды в с.х.	Проценты	21%	61%	57%

Рис. 4 и 5 приводят значения выходных параметров и индексов устойчивости.



Рис. 4. Значение выходных параметров в разрезе сценариев

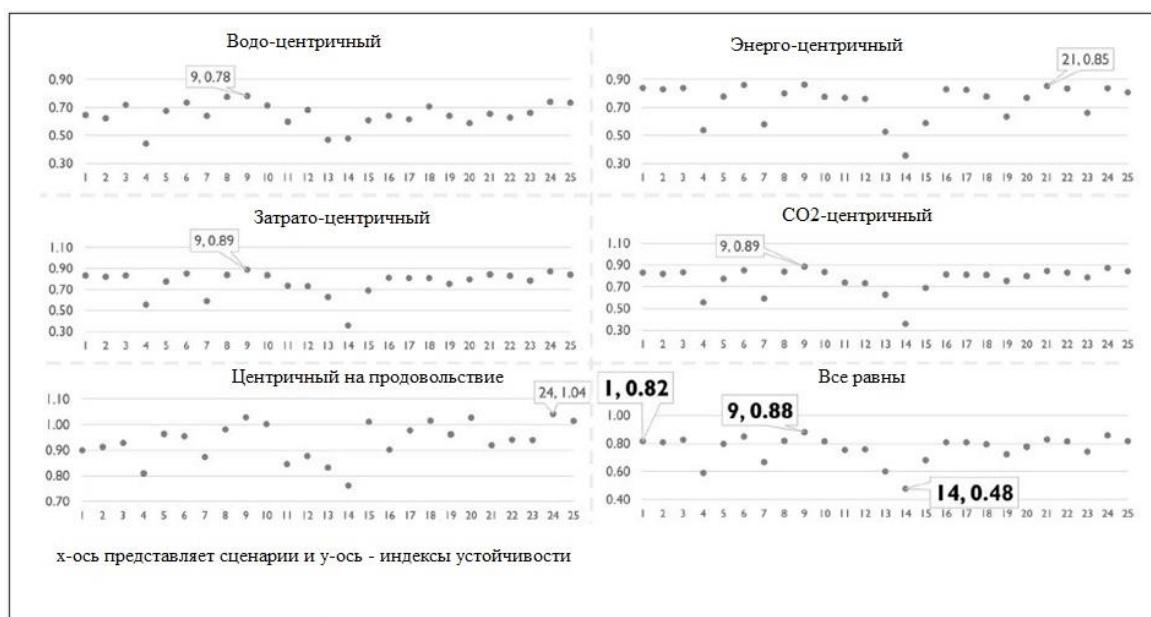


Рис. 5. Значения индексов устойчивости

Выводы обобщены в специальной главе публикации ЕЭК за 2017 год под названием «Оценка взаимосвязей вода-продовольствие-энергия-экосистемы и преимущества трансграничного сотрудничества в бассейне реки Дрина».

Рекомендации по эффективной и действенной интеграции оценки преимуществ сотрудничества в процесс оценки нексуса:

- Обсудить и совместно определить прошлые преимущества трансграничного водного сотрудничества во время первого бассейнового семинара.
- В техническое задание для соответствующих экспертов, занимающихся нексусной оценкой, включить в качестве задачи выявление и качественную оценку преимуществ предлагаемых совместных решений.
- Убедиться, что между составлением глав, посвященных технической взаимосвязи, и вторым бассейновым семинаром выделяется достаточно времени, чтобы дополнить работу по выгодам, проводимую аналитиками нексуса, а также составить план сессий по выгодам для второго семинара.

Выводы

Приложение рассмотренной методологии распределения ресурсов позволяет просмотреть различные сценарии распределения ресурсов и оценить влияние на сельскохозяйственные доходы, выбросы парниковых газов и затраты на строительство необходимой инфраструктуры.

Вопросы для оценки усвоения лекции

1. Какие параметры необходимо получить в результате количественного нексус анализа?
2. Какие задачи имеет нексус анализ?
3. Какие шаги включает методология нексус анализа?
4. Как оценивается устойчивость нексус структуры?

5. Для чего служит индекс ресурса?
6. Как принимаются весовые коэффициенты?
7. Как рассчитывается индекс устойчивости?
8. Как составляются сценарии?

Литература

1. Muhammed I. Kulat, Rabi H. Mohtar and Francisco Olivera. *Frontiers in Environmental Science* | www.frontiersin.org 1 February 2019 | Volume 7 | Article 3

3.5. МЕТОДОЛОГИЯ НЕКСУС-ОЦЕНКИ ВЗАИМОСВЯЗИ ВОДА-ПРОДОВОЛЬСТВИЕ-ЭНЕРГИЯ-ЭКОСИСТЕМА В ТРАНСГРАНИЧНЫХ БАССЕЙНАХ

Содержание

1. Нексус подход и цели в области устойчивого развития
2. Методология оценки взаимосвязи трансграничных бассейнов (НОТБ)

Введение

Конвенция по трансграничным водам уделяет большое внимание трансграничным аспектам и охватывает взаимосвязь вода-продовольствие-энергия-экосистемы в трансграничных бассейнах. Наличие нексус - проблем на уровне трансграничных рек усложняет вопросы водodelения, создаёт барьеры не только в водodelении между прибрежными странами, но и эксплуатации водохранилищ. Различие приоритетов стран верхнего и нижнего течения дополняется межсекториальными проблемами трансграничного характера, необходимостью поддержания жизнедеятельности экосистем, также требующей выделения части стока рек. Эти проблемы проявляются наиболее остро в закрытых речных системах, где требования на воду отдельных регионов или секторов остаются не выполненными, а ранее принятые соглашения по использованию водных ресурсов препятствуют их устойчивому развитию. Для согласования противоречивых трансграничных и межсекториальных интересов сторон, ЕЭК ООН разработал методологию по оценке взаимосвязи в трансграничных бассейнах (ЕЭК ООН, 2018). Этот раздел имеет цель ознакомления с данной методологией нексус – оценки применительно к трансграничным речным бассейнам.

Часть 1. Методология оценки взаимосвязи трансграничных бассейнов (НОТБ)

Основа нексус-оценки взаимосвязей вода-продовольствие-энергия-экосистемы состоит в глубоком анализе сложностей, которые проявляются из-за взаимозависимостей нескольких секторов. Основные используемые принципы, следующие:

- Процесс участия – мнения заинтересованных сторон рассматриваются путем совместного определения и анализа межсекторальных связей, мозгового штурма, диалогов на семинарах и последующих консультаций и дискуссий. Национальные администрации прибрежных стран работают вместе над оценками, что не только

соответствует духу сотрудничества Водной конвенции, но и обеспечивает ответственность.

- Мобилизация знаний – максимально возможное использование местных знаний, данных и предыдущего опыта, а также объединение этих элементов для использования в некус- оценке.
- Надежный научный анализ – процесс некус-оценки основывается на технически обоснованном анализе, основанном на имеющихся знаниях и масштабируемом в соответствии с доступными ресурсами. Аналитическая работа повышает качество результатов оценки, систематизирует ранее накопленный материал и предоставляет важную информацию для разработки политики, принятия решений и развития сотрудничества.
- Нарращивание потенциала – в процессе оценки власти прибрежных стран и другие ключевые заинтересованные стороны приобретают, во-первых, более глубокое понимание взаимосвязей в пределах их речного бассейна (или водоносного горизонта) и, во-вторых, опыт, обогащают своё мировоззрение и понимание как можно более рационально управлять природными ресурсами не ущемляя интересы сопредельных стран и общих экосистем.
- Коллективные усилия – полученные некус-оценки отражают широкий спектр мнений и опыта, поскольку в их разработке обеспечивается широкое участие.
- Выгоды и возможности. Акцент на преимущества сотрудничества позволяет провести конструктивное и ориентированное на решение обсуждение, направленное на мобилизацию широкой поддержки в интересах всех сторон, секторов и экосистем.

Шесть этапов процесса комплексной оценки обеспечивают переход от общего социально-экономического контекста бассейна и окружающего его региона к более подробному рассмотрению конкретных межсекторальных проблем. Первая часть оценки представляет собой в основном диагностику ситуации, ресурсов и секторов бассейна; вторая - более активное взаимодействие с заинтересованными сторонами, направленное на совместное выявление приоритетных проблем, выработку возможных решений и оценку выгод от сотрудничества.

На протяжении всей оценки аналитики используют различные методы участия для сбора информации и облегчения диалога между заинтересованными сторонами, а также схемы и инструменты для анализа и количественной оценки взаимосвязей, в зависимости от обстоятельств и применимости.

ШАГ 1: Аналитическое исследование

Исследование социально-экономических и общих условий бассейна и сбором следующей информации:

- текущее состояние энергетической, продовольственной, водной и экологической безопасности, а также наличие природных ресурсов;
- отношения, существующие в регионе, бассейне и его прибрежных странах; и
- основные стратегические цели, политика развития и вызовы.

ШАГ 2—Определение ключевых секторов

Совместно с соответствующими органами аналитики определяют ключевые сектора, подлежащие анализу при оценке (электроэнергетика, сельское хозяйство, туризм и т.

д.), а также соответствующих ключевых участников (компетентные органы, коммунальные службы и т. д.). Для сбора этой информации используется фактический вопросник. Этот шаг также включает определение заинтересованных сторон, которые должны принимать активное участие в процессе оценки.

ШАГ 3—анализ ключевых секторов

С помощью заинтересованных сторон аналитики ведут анализ ключевых секторов, идентифицируются ресурсы и подтверждаются количественными показателями, помогающими прояснить их относительную важность. Цель анализа— понимание стратегий, политик, правил и положений, в дополнение к мандатам, и обязанностям в отношении управления ресурсами бассейна. Аналитическое кабинетное исследование, включающее информацию, собранную на этапах 1–3, используется для информирования участников и служит подготовительным материалом для семинара(ов).

ШАГ 4—Первый семинар

Семинар дает старт меж-секторальному и трансграничному диалогу и создает условия для прямых консультаций. Во время этого семинара участники делятся на группы и подробно изучают ключевые сектора на основе информации из аналитического исследования (т. е. потоки ресурсов и структуру управления) и опыт участников. Группам предлагается определить взаимосвязи и обсудить их с секторальной точки зрения. Это приводит к разработке перечней бассейновых взаимосвязей и актуальных межсекторальных вопросов (потребность в воде гидроэнергетики, ирригации, ограниченность доступа к энергии для сельского хозяйства или угрозы ключевым экосистемным услугам).

ШАГ 5—Нексус диалог

Нексус диалог начинается на первом семинаре. Во время пленарного заседания все заинтересованные стороны делятся своими отраслевыми взглядами, договариваются о приоритизации выявленных взаимосвязей и обсуждают, как они, как ожидается, изменятся в будущем. Этот процесс информирует раздаваемый участникам семинара вопросник на основе мнений, целью которого является сравнение взглядов на вопросы управления ресурсами из разных секторов и стран. Эти мнения раскрывают нексус-сюжетные линии, которые объясняют и связывают различные взаимосвязи. Потенциальные решения приоритетных вопросов формируются в процессе нексус-диалога.

ШАГ 6—Второй семинар

Второй семинар организуется для исследования выявленных проблем и решений. Аналитики исследуют совместно выявленные проблемы и решения, по возможности определяя их количественно. Цель исследований—выявить возможные решения для увеличения синергизма в управлении водными и другими ресурсами с помощью ряда технических решений и мер политики. Предлагаемые решения должны быть четко привязаны к преимуществам для ключевых секторов. Участники в ходе семинара обсуждают решения и воплощают их в осуществимые действия, которые в идеале

будут связаны с реальной политикой или проектами, включенными в программы национальных правительств или бассейновых организаций. Затем составляется отчет об оценке нексуса (Рис. 1).



Рис. 1. Разработка нексус-оценки и процесс обмена информацией (Марио Ройдт и Люсия де Штрассер, 2018)

Шесть этапов методологии были впервые использованы в конкретном бассейновом контексте во время пилотного проекта, осуществленного в бассейне реки Алазани/Ганых.

Хотя основные принципы и этапы методологии НОТБ остаются общеприменимыми, оценки могут варьироваться в зависимости от конкретного случая. Шаги 4, 5 и 6, в частности, иногда могут быть изменены, чтобы лучше соответствовать конкретному контексту процесса участия или использовать имеющиеся возможности. Например, нексус оценка р. Дрина, включала третий семинар, в ходе которого заинтересованные стороны смогли подтвердить ранее сделанные выводы.

Оценка основывается на активном обмене информацией между аналитиками, проводящими оценку, и заинтересованными сторонами, вовлеченными в процесс. По пути собираются и обрабатываются различные входные данные, что в конечном итоге приводит к совместному определению широкого спектра решений и действий. На рис. 2 и 3 показано, как разработана методология НОТБ для облегчения обмена информацией на протяжении всего процесса нексус-оценки и достижения уровня, на котором заинтересованные стороны могут совместно определять действия.

Развитие методологии НОТБ



Рис. 2. Развитие методологии НОТБ (Марио Ройдт и Люсия де Штрассер, 2018).

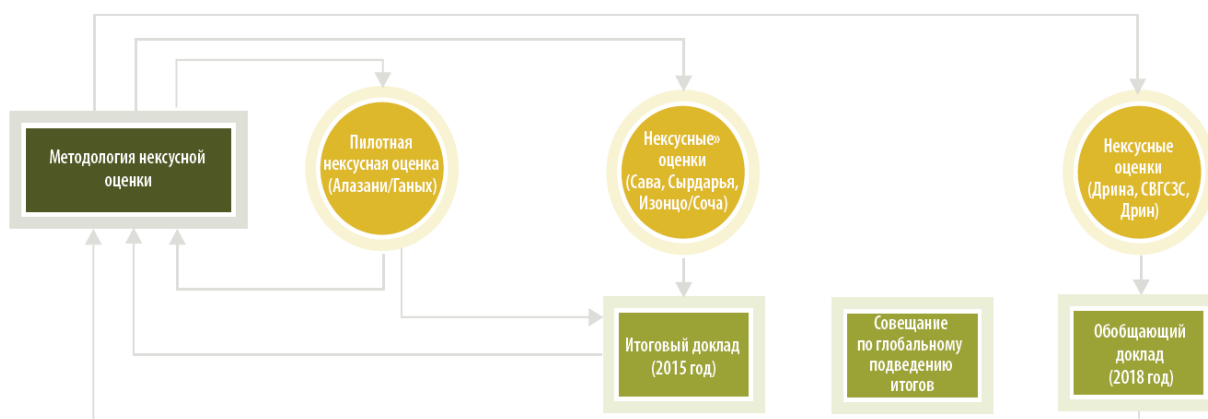


Рис. 3. Фазы развития методологии НОТБ (Марио Ройдт и Люсия де Штрассер, 2018).

Часть 2. Методология оценки руководства (часть НОТБ)

Ключевая цель процесса некрус-оценки состоит в том, чтобы выявить потенциальные конфликты и синергизм между национальными границами и секторами, и для этого требуется нечто большее, чем просто технический анализ потоков ресурсов. Необходимо также понимать аспекты правления, чтобы полностью осознать множество неопределенностей, трудностей и возможностей, возникающих в управлении водными, энергетическими и земельными ресурсами, в усилиях по защите окружающей среды в ходе реализации решений. Необходимо признать, что сложности, проблемы и недостатки как в стратегическом планировании, так и административной практике, могут служить барьером достижению практических решений.

Методология НОТБ разработана как двухсторонний подход, причем эти два направления полностью дополняют друг друга. Первое направление представляет собой техническую оценку природных ресурсов, их наличия и качества и рассматривает эволюцию их многократного использования с точки зрения спроса и воздействия (ЕЭК,

2015 г.) и (де Штрассер и др., 2016 г.). Второе направление (правление) есть совокупность правила и действующих лиц управляющих этими ресурсами.

3.1. Первоначальный анализ правления и его разработка

В Женевском университете была разработана методология правления, которая применялась и апробировалась в исследовательском проекте по бассейну реки Рона. Методология требует четырехэтапного анализа:

1. анализ основных видов использования ресурсов;
2. анализ основных правил;
3. анализ конфигурации субъектов; а также
4. определение конкретных горячих точек.

Кроме того, на четвертом этапе исследуются основные характеристики институциональной структуры путем рассмотрения четырех переменных системы правления, а именно: степени, согласованности, устойчивости и гибкости. На уровне реализации анализ правления должен быть интегрирован в общий процесс НОТБ, что быть проблемой (особенно на семинарах), там, где технические аспекты сразу же занимают центральное место в обсуждении.

Методология пересмотренного правления (RG) в рамках НОТБ

“Правление” (Руководство) — это “правила и механизмы, которые характеризуют функционирование общества”. В частности, анализ правления некус-оценкой рассматривает законодательную, институциональную и политическую основу бассейна, стран и региона”. Другие определения см. в Глоссарии терминов ЕЭК (2015 г.). Важным усовершенствованием первоначальной методологии управления стала интеграция обсуждения циклов планирования и географических масштабов принятия решений в различных секторах.

Методология руководства ресурсами

ШАГ 1—Определение институциональной структуры

Шаг 1 включает в себя обзор существующих видов использования и определение ключевых участников, макроэкономических факторов и широкое политическое устройство, которые следует рассматривать в трансграничном контексте. В то время как технические эксперты анализируют природные ресурсы, оценка управления определяет институциональную структуру. Это делается путем картирования ключевых участников в различных масштабах, их отношений друг с другом и любых существующих конфликтов между целями отраслевой политики.

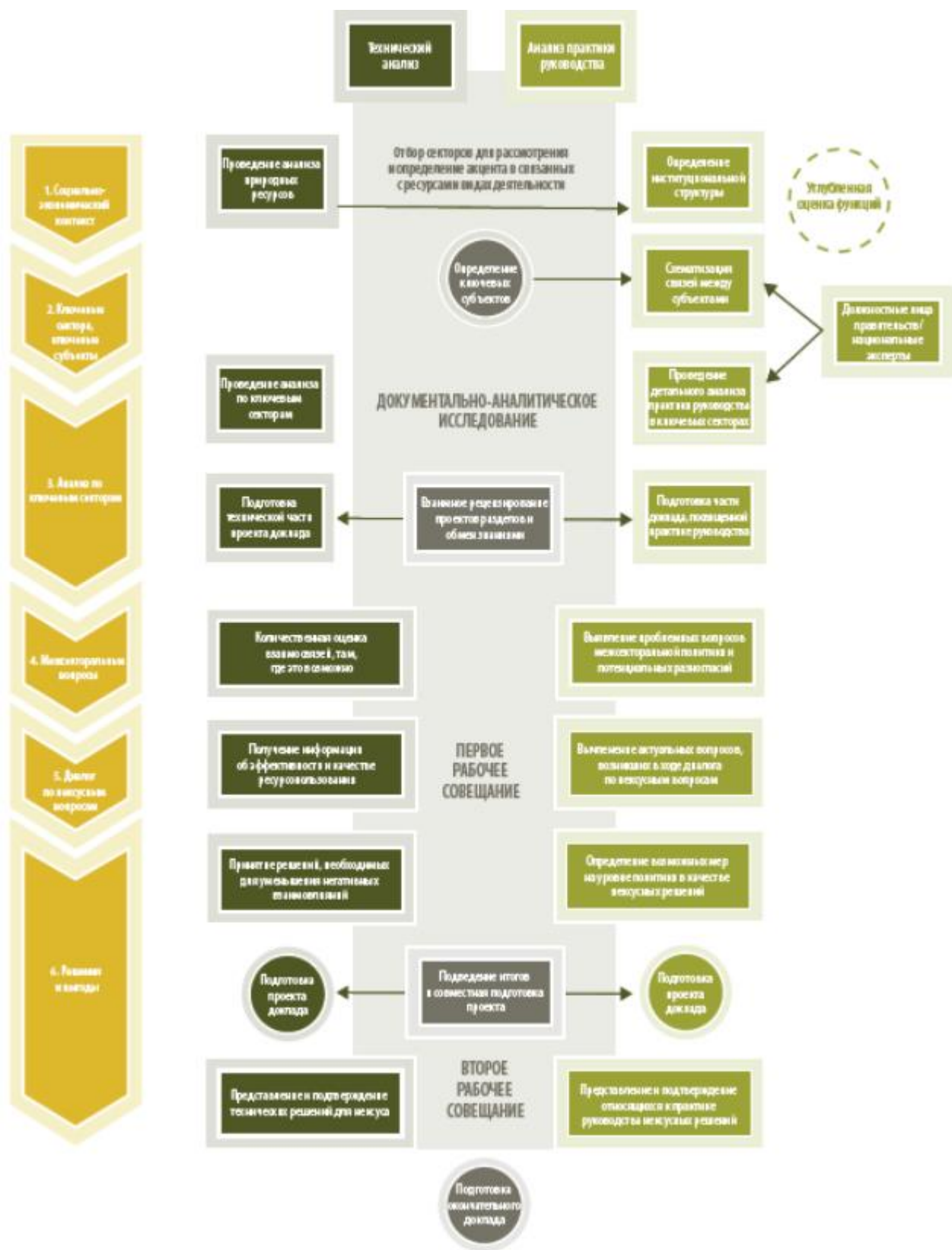


Рис. 4. Обязанности руководителей и технических экспертов на протяжении всего процесса нехусной оценки (Марио Ройдт и Люсия де Штрассер, 2018).

Технические эксперты информируют аналитиков по вопросам управления о том, какие сектора следует учитывать и на каких видах деятельности, связанных с ресурсами, следует сосредоточиться, и наоборот. Ключевым моментом на этом этапе является

наметить следующее:

- масштаб принятия решений по каждому сектору;
- процессы, вехи и циклы планирования на каждом уровне;
- и механизмы управления для каждого трансграничного процесса.

ШАГ 2—Определение ключевых участников и связей между ними

На этапе 2 технические и правленческие аналитики совместно определяют ключевых участников и сектора при поддержке национальных правительств и экспертов. Затем аналитики правления приступают к более глубокому изучению процессов разработки политики на разных географических и политических уровнях, а также изучают аспекты правления, что включает: отображение типов связей между выявленными учреждениями и другими субъектами посредством соглашений (частных или государственных); институциональные уровни соглашений и так далее. Временные рамки процессов планирования и принятия решений, могут отличаться от сектора к сектору. Независимо от того, представлены ли они в виде простых карт или более сложных таблиц (если включены разные секторы, страны и уровни), это отображение становится частью отчета об оценке взаимосвязи. На этом этапе подготавливается фактологический вопросник для сбора дополнительных сведений на национальном уровне дополняется институциональными вопросами. В зависимости от ресурсов методология RG требует углубленной оценки функций, мандатов и обязанностей в каждом определенном секторе.

ШАГ 3—Подробный анализ руководства ключевыми секторами

Технические и правленческие эксперты несут ответственность за анализ ключевых секторов на шаге 3, но задача анализа правления состоит в том, чтобы получить представление о соответствующих политических документах и законодательстве для данного сектора, который может быть трансграничным, национальным или субнационального масштаба. Методология предлагает обширный список вопросов, на которые необходимо ответить на этом этапе.

В этой части анализа учитываются следующие четыре аналитические переменные:

1. степень регулирования;
2. согласованность между политикой и правилами;
3. надежность с точки зрения способности нормативно-правовой базы эффективно контролировать различные виды использования; и
5. гибкость и приспособляемость к самоорганизации.

Для каждой из этих переменных методология предоставляет список вопросов и рекомендаций для поддержки аналитиков. С появлением четкой картины политики, правил и институтов анализ углубляется в культуру правления. Ключевые соображения таковы: принимаются ли решения посредством формальных или неформальных процессов; идет ли процесс принятия решений сверху вниз или снизу вверх; до какой степени проводятся консультации; и являются ли процессы кооперативными или авторитарными. Опять же, методология предоставляет список вопросов, на которые аналитики должны ответить на этом этапе.

ШАГ 4—Выявление межсекторальных вопросов политики и конкуренции

Продолжение анализа правления на семинарах по нексус-оценке. В ходе семинара участники совместно определяют межсекторальные вопросы. На данном этапе целью методологии RG является определение политики, которая может противоречить целям политики в других секторах, будь то в национальном или трансграничном контексте. Это тесно связано с идентификацией потоков физических ресурсов (например, идентификация напряженности вверх и вниз по течению).

В отличие от аналитического кабинетного исследования, в котором аналитики правления сосредотачиваются на согласованности политики внутри сектора, семинары сосредоточены на согласованности между секторами. Принимаются во внимание различия в географических и политических масштабах, временных рамках планирования и принятия решений, а также в культуре правления. Предоставлен список вопросов, которые могут помочь в успешном выявлении проблем, связанных с нексус-подходом. Большая часть шага 4 проводится посредством совместных упражнений в рамках семинаров.

ШАГ 5—Извлечение соответствующих аспектов правления из нексус-диалога

Нексус-диалог, учитывает техническую и институциональную точки зрения. Одним из элементов упражнения является то, что участники вырабатывают общее понимание нексус-вопросов; со стороны правления обсуждается конкуренция между секторами и странами.

Затем аналитики правления пытаются объяснить, как возникла конкретная конкуренция и конфликты, а последующее обсуждение направлено на выявление сильных и слабых сторон институциональных структур в этом отношении. Этот процесс часто сопровождается исследованием конкретного случая, в котором аналитическими переменными являются объем, согласованность, устойчивость и гибкость. Эксперты по правлению уделяют особое внимание проблемам, связанным с правлением, поднятые в ходе обсуждений, и приводят свою комментарии в ходе обсуждения на заключительном этапе нексус-оценки.

ШАГ 6—Определение, представление и подтверждение возможных мер политики в качестве нексус-решений

Участники обсуждают нексус-решения и преимущества трансграничного сотрудничества, имеющие технический или институциональный характер. Технические и управленческие аналитики подводят итоги по результатам первого семинара. Подготавливается совместный план составления отчета, а затем составляется набросок проекта отчета с техническими и управленческими компонентами и распространяют его в рамках подготовки ко второму семинару. Во время второго семинара аналитики управления анализируют те решения, которые практичны, осуществимы и учитывают существующие контексты правления. Со стороны правления предлагаются различные формы решений, и каждое техническое решение сопровождается кратким обзором контекста правления. Аналитики правления выступают с докладами о решениях, связанных с сотрудничеством, координацией рамок и других политических вмешательств.

Задачи:

1. Изучить технические решения, уделяя при этом пристальное внимание аспектам

правления, и

2. Изучить пробелы в рамках трансграничного сотрудничества с целью предложения путей продвижения вперед.

Предварительная оценка производится после представления предложенных возможных решений для обсуждения. При доработке оценки необходимо учесть отзывы официальных лиц и других ключевых заинтересованных сторон относительно перспектив реализации. Важной частью процесса проверки является распространение проекта оценки, включая её решения, среди участвующих министерств. Проект может быть распространен либо до, либо после заключительного семинара.

Рекомендации по применению и будущие потребности в разработке

По сравнению с аспектами, относящимися к водным ресурсам и окружающей среде, аспекты, относящиеся к сельскому хозяйству, использованию земельных ресурсов и энергетике не описаны в методологии. Поэтому важной целью для аналитиков в будущем является сотрудничество с экспертами всех рассматриваемых секторов.

Пример: Резюме оценки бассейна

БАССЕЙН РЕКИ АЛАЗАНИ/ГАНЫХ (2013–2015 гг.)

Размер бассейна 11 700 км²

Длина реки 391 км

Страны с общим бассейном GE, AZ

Климат теплый, умеренный

Основная сюжетная линия нексуса

Отсутствие доступа к энергии усугубляет результаты вырубki лесов, что усиливает риск внезапных наводнений, эрозии и оползней. Ветхие и плохо обслуживаемые ирригационные системы усугубляют последствия внезапных паводков, например эрозии плодородной почвы и ущерба населенным пунктам. Заиление, в свою очередь, влияет на морфологию и инфраструктуру.

Основные взаимосвязи

Вода-Энергия (гидроэнергетика)

Почва-Энергия-Вода (использование биомассы, эрозия/осаждение, экологический сток)

БАССЕЙН РЕКИ САВА (2014–2015 гг.)

Размер бассейна 97 700 км²

Длина реки 945 км

Страны с общим бассейном SI, HR, BA, ME, RS

Климат теплый, умеренный

Основная сюжетная линия связи

Производство энергии в странах зависит от наличия воды в бассейне реки Сава.

Цели в области возобновляемых источников энергии и смягчения последствий изменения климата помогают странам развивать больше гидроэнергетики.

Есть опасения по поводу строительства плотин в экологически уязвимых районах.

Основные взаимосвязанные взаимосвязи

Вода-Энергия (риск наводнений, гидроэнергетика)

Почва-Вода (управление наносами).

Вода-Продовольствие-Экосистемы (качество воды, морфологические изменения)

Методы участия

Сотрудничество является основой и Водной конвенции, и нексус-оценок. Широкое участие, один из основных принципов Конвенции по трансграничным водам, имеет решающее значение для определения основных нексус-вопросов, обеспечения ответственности за процесс, использования различных экспертных знаний, повышения точности оценки и проведения мозгового штурма по нексус-решениям, актуальным как на местном, так и на региональном уровне.

Нексус-оценки готовятся в ответ на запрос стран или совместных органов по трансграничному сотрудничеству и в тесном сотрудничестве с национальными властями прибрежных стран. Важно включить все страны данного бассейна в оценку Конвенции по трансграничным водам, посредством официальных процедур, и ЕЭК просит каждое из основных министерств-партнеров назначить координатора для проведения оценки. Кроме того, местные эксперты и другие заинтересованные приглашаются к участию.

Благодаря взаимодействию с заинтересованными сторонами, учёту широкого спектра мнений и согласованию различных интересов, оценка обеспечивает прочную основу для улучшения управления ресурсами и политики, а также для будущего сотрудничества и поддержки. Семинары, в частности, являются ключом к участию. Со временем было разработано несколько методов для сбора различных точек зрения и информации. Используемые до сих пор методы описаны ниже, а также соответствующие уроки, извлеченные за последние годы.

Фактические вопросники для сбора информации

Анкета раздается представителям каждой страны и местным экспертам на семинарах. Местные эксперты могут заполнять фактический вопросник по согласованию с национальной администрацией. Вопросник состоит из двух частей. Первая часть, посвященная техническим аспектам, направлена на предварительное определение основных факторов, нарушающих равновесие и горячих точек, существующих в бассейне. Вопросник позволяет оценить состояние в различных секторах и собрать важную информацию о наличии ресурсов, социально-экономических условиях и экономической деятельности.

Вторая часть, посвящена вопросам руководства (правления), и направлена на освещение институциональных рамок и уровней принятия решений, а также соответствующих участников и отношений между ними. Впервые этот вопросник был использован в нексус-оценке бассейна р. Сырдарьи и с тех пор успешно применялся в более поздних оценках. Использование этого вопросника дополняет настольные исследования информацией, полученной непосредственно от заинтересованных сторон. Тем самым учитывается вся имеющаяся информация, в том числе и предыдущие исследования.

До сих пор фактический вопросник первоначально разрабатывался по четырем областям: водные ресурсы, энергия, землепользование/сельское хозяйство и экосистемы. Однако использование этого подхода показало необходимость включения вопросов по ключевым секторам, определенным на этапе 2 (например, туризм).

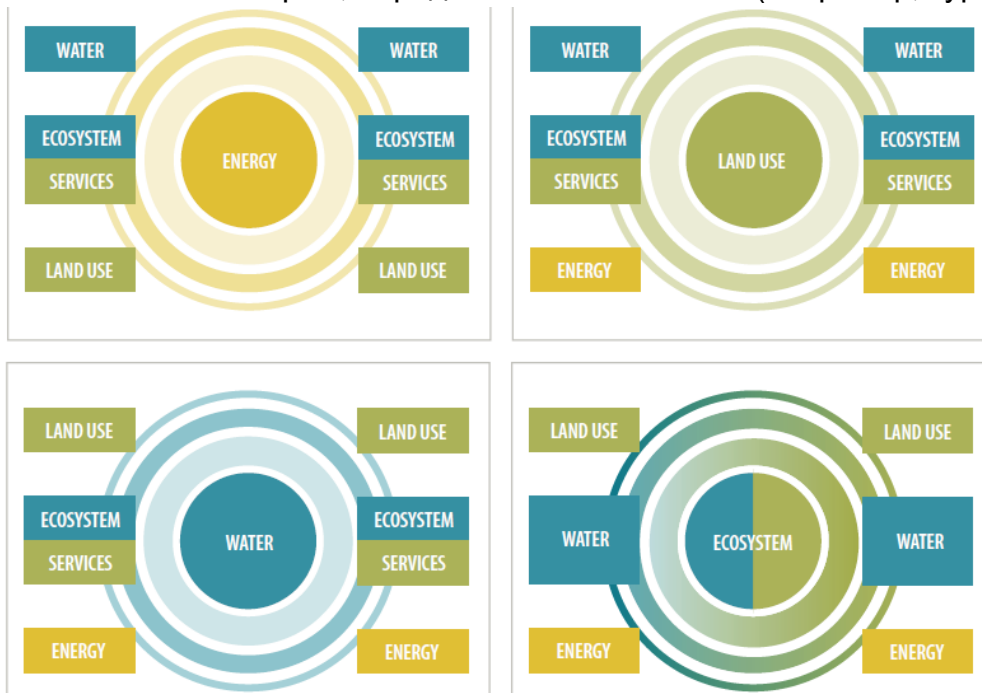


Рис. 5. Упрощенные диаграммы для отраслевых групп: выявление межотраслевых проблем

Таблица 1. Резюме методов участия и рекомендации по их применению

Метод	Шаг	Цель	Ключевые слова
Фактический вопросник	Шаг 2: Кабинетный	Информировать аналитические исследования	Вопросник
Картирование и анализ заинтересованных сторон	Шаг 2: Кабинетный	Определить ключевых заинтересованных сторон, понять их интерес и влияние	Лист заинтересованных сторон. Интерес/влияние грид результатов к пленарному
Вопросник, основанный на мнении	Шаг 4: Рабочий семинар 1	Определить какие группы согласны и несогласны	Вопросник и презентация результатов к пленарному
Направляющая презентация	Шаг 4: Рабочий семинар 1	Определить стадию и настоящее бассейна	Guidance template for presentation
Задача мозгового штурма	Шаг 4: Рабочий семинар 1 (а)	Определить некус проблемы и	Упрощенная диаграмма для

		взаимозависимости для секторных перспектив	секторных групп
Нексус диалог	Шаг 5: Рабочий семинар 1 (а)	Согласовать и определить приоритеты нексус-взаимосвязей; развить общее понимание нексус проблем	Упрощенная диаграмма поддержать нексус диалог
Определение решений	Шаг 6: Рабочий семинар 2 (а), (б)	Определить нексус решения	Короткая программа хороших мер и соответствующих проектов из региона проектов

(а) Может случиться так, что они будут распределены по большему количеству семинаров (в зависимости от дизайна процесса участия в конкретном бассейне). Однако важно, чтобы мозговой штурм и нексус- диалог проводились в рамках одного и того же семинара.

(б) Определение решений часто начинается на первом семинаре как естественная эволюция нексус- диалога.

Анкета, основанная на мнениях, для выявления различных мнений

На первом семинаре раздается вторая анкета для сбора мнений заинтересованных сторон (а не фактов). Анкета раздается участникам, заполняется и собирается до начала обсуждения. Это упражнение фиксирует различия во взглядах по странам и секторам. Хотя анкета является анонимной, информация об отрасли и стране респондента должна быть раскрыта. Это обеспечивает возможность сравнения между группами, что помогает выявить различное восприятие секторов и стран. Может случиться так, что участники из водного сектора назовут воду «дефицитной», тогда как представители энергетического сектора разделят другое мнение. Общая цель этого упражнения — выявить степень согласия или несогласия групп, а также показать, как каждая страна и сектор рассматривает тот или иной вопрос или вопросы. Важно адаптировать вопросник к конкретному речному бассейну. Получение мнений из всех ключевых секторов позволяет иметь полную картину проблемы.

Обзорные презентации для подготовки к работе

Дискуссиям во время семинара предшествуют тематические и региональные обзорные презентации, а также обзор секторов и изменений в национальных политиках; это позволяет ознакомить участников семинара с оцениваемым бассейном и его характеристиками. Эти презентации представляются соответствующими органами власти или национальными представителями. Каждая презентация рассматривает такие вопросы, как:

- 1 Национальные планы развития и отраслевые цели данной страны в бассейне реки;
- 2 Региональные программы развития с участием ключевых секторов в бассейне; и
- 3 соответствующие меры по реализации.

Шаблон презентаций, то есть те вопросы, которые должны быть раскрыты опубликованы в ЕСЕ (2015), Приложение IV. Опыт показывает, что презентации служат важным стартовым моментом интерактивных фаз. Отраслевые презентации дают представление о целях того или иного сектора, а тематические презентации более регионального масштаба предоставляют обзор некоторых ресурсов и помогают обеспечить обсуждение проблемных вопросов, имеющих отношение к бассейну. Представление истории вопроса и её изученности важно для того, чтобы участники поняли отправную точку анализа.

Мозговой штурм для выявления нексус-проблем

В рамках семинара участников просят совместно определить нексус-проблемы (взаимосвязи), существующие в бассейне. Группы формируются в соответствии с ключевыми секторами, которые были сочтены актуальными на семинаре (или просто в соответствии с общими группами воды, энергии, землепользования/продовольствия и экосистем). Участников просят представить себе взгляд из своего сектора на другие. Каждая группа снабжена диаграммой, на которой их сектор показан в центре и окружен другими секторами (Рис. 4). В качестве мозгового штурма группы обсуждают, как их сектор влияет на другие, подвергается ли влиянию других, вносит ли вклад в другой сектор или, наоборот, требуется ли участие другого сектора или ресурса. На предоставленных шаблонах нарисованы стрелки, в которых приветствуются все насущные вопросы и ни один ответ не отвергается как «неправильный». Характер сеанса мозгового штурма позволяет демонстрировать все идеи без обсуждения или расстановки приоритетов. Обсуждениям способствуют результаты настольного исследования. Тем не менее, этот метод снова опирается на местные знания участников и гарантирует, что официальные лица страны могут выразить свои взгляды и знания. Этот шаг дает группе возможность представить интегрированный характер своего сектора и их взгляды на другие сектора.

Опыт проведения семинаров показывает, что решения о том, какие сектора считаются «ключевыми», часто принимаются на семинарах вместе с участниками, а не представляются заранее определенными (например, водные ресурсы, энергетика, сельское хозяйство и экосистемы). Временами участники уже были хорошо осведомлены о проблемах и считали более полезным продолжать непосредственно диалог о нексусе, в ходе которого обсуждаются решения (как в оценке р. Дрины). В других случаях было бы трудно перейти непосредственно к этапу диалога о нексусе. В ситуациях, когда насущные «нексусные вопросы» анализировались уже много раз (как в случае с бассейном реки Сырдарья), разбивка обсуждения на секторальные точки зрения может быть особенно полезной, не допустить, чтобы обсуждение шло по заранее определенному пути.

До сих пор мозговой штурм по взаимосвязям был сосредоточен на статус-кво и включал рассмотрение будущих сценариев лишь в ограниченной степени;

определенные макро-тенденции (например, изменение климата) и некоторые четкие направления политики (например, расширение ирригаций) могут естественным образом возникнуть в ходе обсуждения. При наличии соответствующих сценариев можно включить рассмотрение будущего развития отрасли в мозговой штурм, то есть при условии, что такие сценарии будут разработаны к первому семинару.

Вопросы были затронуты в других случаях, и было бы трудно перейти непосредственно к этапу диалога о нексусе. В ситуациях, когда насущные «нексус-вопросы» анализировались уже много раз (как в случае с бассейном реки Сырдарья), разбивка обсуждения на секторальные точки зрения может быть особенно полезной, чтобы не допустить, чтобы обсуждение шло по заранее определенному пути. До сих пор мозговой штурм по взаимосвязям был сосредоточен на статус-кво и включал рассмотрение будущих сценариев лишь в ограниченной степени: определенные макро-тенденции (например, изменение климата) и некоторые четкие направления политики (например, расширение ирригации) естественным образом возникнут в ходе обсуждения. Однако при наличии соответствующих сценариев можно включить рассмотрение будущего развития отрасли в мозговой штурм, то есть при условии, что такие сценарии будут разработаны к первому семинару.

Нексус диалог для поощрения общего понимания

Первый семинар объединяет все отраслевые взгляды и выявленные взаимосвязи в единую нексус картину, и таким образом вырабатывается нексус понимание, разделяемое всеми участниками. Поскольку небольшие группы участников изучат взаимосвязь с точек зрения своих соответствующих секторов во время сеанса мозгового штурма, диалоговое упражнение объединит все эти точки зрения. Когда все участники согласны с наиболее важными взаимосвязями, модератор рисует их на шаблоне нексус-диалога, в котором все сектора представлены в равной степени (Рис. 9). Взаимосвязям, выявленным в ходе мозгового штурма, совместно придается приоритет в результате процесса. Эта часть оценки также включает представления участников о том, как эти взаимосвязи могут измениться в зависимости от будущих событий. Иногда оказывается полезным проводить обсуждение на пленарных заседаниях; в других случаях более мелкие, смешанные по отраслям группы приводят к общему пониманию.

Заинтересованные стороны могут подчеркнуть, что проблемы, как правило, уже известны (например, конфликты, возникающие в связи с эксплуатацией определенной плотины), и что семинары должны предоставлять гораздо больше возможностей для диалога о взаимосвязях и выработки решений. При активном участии заинтересованных сторон нексус диалог может раскрыть важные секторальные перспективы, которые могут послужить хорошей основой для решений. Например, в оценке Алазани/Ганых тема деградации лесов не возникла бы без проведения секторальных этапов.

Картирование и анализ заинтересованных сторон

Один из методов участия представляет собой совместное картирование и анализ заинтересованных сторон. Метод разработан GWP-Med. Во время оценки участников первого семинара просят определить заинтересованные стороны и предоставить

новую информацию о них, такую как значение, интерес и их влияние на управление речным бассейном. При использовании этого метода, участникам раздают список ранее выявленных заинтересованных сторон, и просят их добавить в список отсутствующие заинтересованные стороны. Затем участников делят на группы по странам, и предлагают расставить приоритеты, какие заинтересованные стороны они считают наиболее важными с точки зрения управления речным бассейном.

На третьем этапе участники заполняют ячейки таблицы, в которой приводятся названия заинтересованных сторон и соответствующие их интересы. Заинтересованные стороны могут иметь сильное или слабое влияние на управление речным бассейном, и/или проявлять сильную или слабую заинтересованность в речном бассейне (например, питьевое водоснабжение).

Идентификация нексус-решений

Выявление решений является основным направлением последней части оценки, и второй семинар полностью посвящен обсуждению решений и оценке выгод, которые они могут принести. Решения могут быть техническими по своему характеру или могут принимать форму политических вмешательств, изменений в управлении и так далее. Цель состоит в том, чтобы совместно разработать набор решений межсекторального и трансграничного характера, которые можно считать «нексус решениями». Нексус решения направлены на решение нексус и/или трансграничных проблем и определяются здесь как: «вмешательства, которые принесут пользу более чем одному сектору и, в этом контексте, вмешательства, снижающие нагрузку на экосистемы или окружающую среду в целом».

Участникам семинара предлагается написать решения проблем на стикерах и приклеить их на доску, окончательное содержание которых совместно обсуждается на пленарном заседании. Решения в основном рассматриваются с точки зрения их применимости и полезного воздействия, и любые связи между решениями и преимуществами сотрудничества особенно важны при оценке решений.

Если применимо, краткие презентации хороших мер и соответствующих проектов из региона могут дополнить дискуссию. Это упражнение, один из ключевых моментов оценки нексуса, когда начинают появляться возможные решения. Однако последующий анализ по-прежнему необходим для более подробного изучения осуществимости решений. В некоторой степени такие последующие семинары могут быть организованы как часть процесс оценки бассейна. Поскольку в разработке решений участвуют как местные, так и международные эксперты, очень важно создать между ними прочные связи. Крайне важно, чтобы они тесно сотрудничали друг с другом и как можно больше взаимодействовали.

Выявление, оценка и информирование о преимуществах трансграничного сотрудничества

Водная конвенция и оценка преимуществ трансграничного водного сотрудничества. Понимание преимуществ и бенефициаров трансграничного водного сотрудничества, естественно, лежит в основе забот стран, рассматривающих возможность присоединения к Конвенции, и Сторон, осуществляющих Конвенцию. В 2015 году

Совещание Сторон Водной конвенции приняло Политическое руководство о преимуществах трансграничного водного сотрудничества. Идентификация, оценка и информирование, в котором содержатся рекомендации о том, как проводить оценку выгод, чтобы помочь странам в полной мере реализовать потенциальные выгоды, которые они могут получить от укрепления трансграничного водного сотрудничества. Так, выгоды сотрудничества были оценены для бассейнов рек Кубанго-Окаванго (общий для Анголы, Ботсваны и Намибии), бассейнов рек Сио-Малаба-Малакиси (общий для Кении и Уганды) и бассейна р. Дрина (в основном разделяемый Боснией, Герцеговиной, Черногорией и Сербией).

Подход к оценке преимуществ трансграничного водного сотрудничества

Упражнение по оценке выгод может состоять из трех отдельных, но взаимосвязанных задач, описанных ниже.

ЗАДАЧА 1 – Определение преимуществ и бенефициаров трансграничного водного сотрудничества

Широкий круг заинтересованных сторон собирается для определения прошлых и потенциальных будущих выгод, которые может принести трансграничное водное сотрудничество. Поскольку некоторые выгоды известны не всем, типология, подобная предложенной в руководстве по политике, может быть полезным инструментом, которым заинтересованные стороны могут руководствоваться при определении выгод: это могут быть экономические выгоды, социальные и экологические выгоды, региональное экономическое сотрудничество, преимущества, а также преимущества мира и безопасности. Затем преимущества проверяются, и наиболее важные из них могут быть выбраны для оценки, исходя из их величины и других критериев, относящихся к политике.

ЗАДАЧА 2 – Оценка преимуществ трансграничного водного сотрудничества

В рамках этой задачи, можно оценить выгоды, которые могут включать качественные оценки, физическую количественную оценку и денежную оценку. Подход к оценке должен быть адаптирован не только к характеру выгод (экономических, социальных, экологических и т. д.), но также к стадии сотрудничества и политической воле участвующих стран.

ЗАДАЧА 3 – Информирование о преимуществах трансграничного водного сотрудничества

Ключ ко всей задаче есть доведение выгод сотрудничества лицам, принимающим решение, которые могут содействовать реализации предположений. Связи должны быть запланированы с начала оценки с целью использовать все возможные каналы связи эффективно.

Оценка преимуществ сотрудничества в рамках процесса оценки нексуса

Один из ключевых выводов данной методологии заключается в том, что оценка выгод может и должна быть связана с другими аналитическими процессами на уровне

бассейна, примерами которых являются трансграничный диагностический анализ (используемый в проектах, финансируемых Глобальным экологическим фондом) и трансграничный анализ – нексус оценка в соответствии с Конвенцией по трансграничным водам.

Первоначальная попытка интегрировать оценку выгод в нексус оценку была предпринята в 2015 году. Каждая из первых нексус оценок (в бассейнах рек Алазани/Ганых, Сава и Сырдарья) включала настольный анализ выгод трансграничного сотрудничества. Первые полномасштабные усилия по включению оценки выгод в комплексную оценку были предприняты в 2016–2017 годах в бассейне р. Дрина. Оценка преимуществ сотрудничества следует рассматривать не как дополнительный шаг в методологии НОТБ, а скорее как согласованный и дополняющий процесс, который можно интегрировать в нексус оценку.

Оценка выгод сотрудничества в бассейне реки Дрина

Методология, примененная во время оценки Дрины, включала три этапа.

- (1) Первый многосторонний семинар. Подход к проведению оценки выгод был представлен во время первого семинара на бассейновом уровне, после чего была проведена быстрая идентификация выгод сотрудничества в бассейне реки Дрина. Это был необходимый шаг для повышения осведомленности о широком спектре преимуществ сотрудничества. Первый семинар также включал совместное упражнение, чтобы помочь в определении целевых аудиторий для информирования о преимуществах сотрудничества.
- (2) Экспертный анализ, в ходе которого были исследованы и описаны преимущества сотрудничества по проблемам, связанным с нексусом, и различным способам их решения. Кроме того, эксперты, работающие над решениями по совместной оптимизации регулирования стока, провели моделирование, что помогло количественно оценить некоторые потенциальные выгоды от сотрудничества в области развития гидроэнергетики.
- (3) Второй многосторонний семинар. Участники второго семинара на бассейновом уровне определили и обсудили прошлые выгоды сотрудничества в бассейне реки Дрина с точки зрения каждой страны. На другой сессии семинара они обсудили ряд возможных действий, которые можно было бы принять по каждой ключевой теме (которые эксперты определили ранее в проведении нексус-оценки) и оценили свои преимущества по четырех-балльной качественной шкале от «Очень высокого» до «Низкого».

Выводы обобщены в специальной главе публикации ЕЭК за 2017 год под названием «Оценка» связи вода-продовольствие-энергия-экосистемы и преимущества трансграничного сотрудничества в бассейне реки Дрина.

Рекомендации по эффективной и действенной интеграции оценки преимуществ сотрудничества в процесс нексус оценки:

- Обсудить и совместно определить прошлые преимущества трансграничного водного сотрудничества во время первого бассейнового семинара.
- В техническое задание для соответствующих экспертов, занимающихся нексус-

оценкой, включить в качестве задачи выявление и качественную оценку преимуществ предлагаемых совместных решений.

- Убедиться, что между составлением глав, посвященных технической взаимосвязи, и вторым бассейновым семинаром выделяется достаточно времени, чтобы дополнить работу по выгодам, проводимую аналитиками нексуса, а также составить план сессий по выгодам для второго семинара.

Как оценить преимущества трансграничного водного сотрудничества (Таблица 4).

Таблица 4. Преимущества трансграничного водного сотрудничества на первом бассейновом семинаре

Шаг	Метод
Шаг 1. Ознакомление с широким спектром возможных преимуществ сотрудничества. Объясните обоснование проведения оценки выгод, и для рассмотрения извлеченных уроков и результатов аналогичных мероприятий, проведенных ранее. Подробно опишите различные задачи упражнения по оценке выгод.	Презентация метода
Шаг 2. Выявление преимуществ сотрудничества. Обсудите с участниками следующие вопросы: <ul style="list-style-type: none"> • Каковы основные преимущества сотрудничества в бассейне? • Кто был главным бенефициаром сотрудничества в бассейне? Преимущества добавляются в матрицу, если это необходимо.	В обстановке экскурсионного стола каждому участнику предлагается поделиться одним преимуществом, которое у него есть. Фасилитатор уточняет, является ли эта выгода промежуточной выгодой (выгодой процесса) или выгода от результата.
Шаг 3. Классификация выгод сотрудничества Распределите список преимуществ по категориям.	Фасилитатор строит пустую матрицу на основе типологии преимуществ, включенных в Политическое руководство. Типологию можно адаптировать к контексту конкретного бассейна. Участникам предлагается разместить свои стикеры на матрице в соответствующей категории или категории
Шаг 4. Обзор преимуществ сотрудничества. Посоветуйтесь с участниками, не упущены ли в матрице какие-либо преимущества.	Фасилитатор анализирует преимущества, классифицированные по категориям, и разъясняет

	<p>участникам любые недоразумения. Преимущества добавляются в матрицу, если это необходимо.</p>
<p>Шаг 5: Сообщение о преимуществах сотрудничества</p> <p>Обсудите с участниками следующие вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Кого (т.е. какую целевую аудиторию) нам нужно убедить в продвижении (далее) сотрудничестве в бассейне и почему? • Какие существующие процессы важны для информирования и влияния на заинтересованные стороны? <p>Попросите участников записать одну ключевую заинтересованную сторону, для которой выгоды сотрудничества должны быть сообщены. Соберите все идеи в сервировке стола.</p>	<p>Каждому участнику дается два голоса (написанных на стикерах) для определения приоритетной цели аудитории для информирования о преимуществах сотрудничества. Они могут либо назначить двух актеров или дать два голоса одному актеру.</p> <p>Ведущий подсчитывает голоса и представляет результаты. Проведите пленарную дискуссию о том, какие типы коммуникативных усилий (тактика, типы сообщений и т. д.) необходимы для того, чтобы повлиять на принятие ключевых лиц, принимающих решение</p>
<p>Шаг 6. Подробное обсуждение преимуществ трансграничного водного сотрудничества и возможных некус решений на втором бассейновом семинаре. Преимущества прошлого сотрудничества в бассейне и обмена мнениями со странами:</p> <p>Кто в вашей стране был главным бенефициаром прошлого сотрудничества в бассейне?</p> <p>Каковы основные преимущества прошлого сотрудничества в бассейне в вашей стране?</p> <p>В какой степени другие прибрежные страны выиграли от прошлого сотрудничества?</p> <p>Потенциальные преимущества конкретных некус решений в бассейне</p> <p>Обсудите с участниками следующие вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Какие некус решения требуют международного сотрудничества? • Каковы преимущества этих решений? 	<p>Групповая работа.</p> <p>Создайте группы для работы над различными темами для улучшения (одна группа для каждой темы). По каждой теме участники обсуждают и пытаются договориться о том, какие из возможных некусных решений, ранее определенных аналитиками некуса, требуют сотрудничества. Участников просят индивидуально записать преимущества каждого решения, а затем сообщить группе, чтобы составить список. Участники обсуждают каждую выгоду, затем договариваются об оценке по четырехбалльной шкале («Очень высокая», «Высокая», «Средняя» или «Низкая»). Затем их просят просмотреть свои результаты, чтобы 50% пособий были оценены как «Высокие» или «Очень хорошие», а 50% пособий имеют рейтинг «Низкий» или «Средний».</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Каково качественное значение этих преимуществ? • Кто будет главным бенефициаром некус решений? 	
<p>Шаг 7. Распространение информации о преимуществах прошлого сотрудничества и комплексных решениях в бассейне</p> <p>Кто является целевой аудиторией?</p> <p>Какие существующие процессы важны с точки зрения информации и влияния?</p> <p>Какие ключевые сообщения и информация должны быть переданы?</p> <p>Какие средства коммуникации можно было бы использовать?</p>	<p>Модерируемая дискуссия с участниками семинара</p>

Рекомендации по эффективной и действенной интеграции оценки преимуществ сотрудничества в процесс оценки некуса:

- Обсудить и совместно определить прошлые преимущества трансграничного водного сотрудничества во время первого бассейнового семинара.
- В техническое задание для соответствующих экспертов, занимающихся некусной оценкой, включить в качестве задачи выявление и качественную оценку преимуществ предлагаемых совместных решений.
- Убедиться, что между составлением глав, посвященных технической взаимосвязи, и вторым бассейновым семинаром выделяется достаточно времени, чтобы дополнить работу по выгодам, проводимую аналитиками некуса, а также составить план сессий по выгодам для второго семинара.

Информация и некус индикаторы

Поскольку на каждом этапе некус оценки требуются различные виды информации и данных, доступ к нескольким типам данных необходим на протяжении всего процесса оценки. Наиболее часто на первых этапах, то есть при настольном исследовании, используются непространственные индикаторы и тематические карты стран и бассейнов. Во время семинаров информация, основанная на мнениях участников, является ключевой.

Во время детального анализа пространственные данные все чаще необходимы для моделирования с целью количественной оценки конкретной динамики, а также для прогнозирования изменений в будущем. Здесь требования к данным также имеют «временное» измерение. В разделах ниже описывается, что было изучено за последние годы в отношении данных, их использования с помощью показателей и их использования в инструментах моделирования некуса.

Для некусных оценок необходима качественная информация и данные

Разработка политики и принятие решений зависят от надежной информации и данных;

и хотя трансграничный диалог уже сам по себе является ценностью, решения по управлению бассейном, корректировкам политики или стратегическим сдвигам, которые следуют за такими диалогами, должны основываться на значимой информации и содержательных анализ, который, в свою очередь, требует доступа к адекватным данным.

Правительства являются предпочтительными источниками информации и данных. Из-за межправительственного характера некусных оценок в рамках Конвенции по трансграничным водам в максимально возможной степени используются официальные данные, исходящие от национальных органов. Страны склонны доверять своим официальным данным, а некусные оценки проверяются правительствами, поэтому необходима прозрачность в отношении используемых источников. Использование баз данных с официальным источником (например, ФАО, ОЭСР, Всемирный банк, ЕЭК) может сэкономить время, превратив запрос данных в запрос на проверку. Диапазон информации и данных, необходимых для некусной оценки, иногда может превышать то, что может предоставить национальная статистика, но надежный процесс проверки облегчит принятие более широкого диапазона источников информации (например, спутниковых изображений).

Тщательный анализ соответствующих данных, например, очень полезен при рассмотрении межсекторального воздействия планов и политики. Выход за рамки разрозненных отраслевых подходов требует разработки новых баз данных и методов обработки данных (или более эффективного связывания и интеграции существующих отраслевых баз данных), а также облегчения доступа к этим базам данных и методам. Различные циклы планирования, помимо недостатков в процедурах консультаций и оценки, также могут повлиять на то, как будет учитываться информация о межсекторальном синергизме и воздействии.

Отсутствие точных, согласованных и актуальных данных и информации будет препятствовать любым усилиям по достижению наивысшего уровня анализа. Даже при наличии необходимых данных использование различных показателей в методах сбора и измерения, а также различия в методах измерения в разных странах или регионах создают препятствия для успешной обработки и анализа данных.

Использование и классификация показателей

Для некуса оценки важно использовать индикаторы для эффективного описания взаимосвязанных взаимосвязей и полного понимания их природы. Жизненно важно, чтобы показатели были сопоставимы между странами.

Четкие индикаторы также важны для определения влияния предлагаемых решений на разные сектора, некус подход выигрывает от использования индикаторов, специфичных для некуса. Концепция «фиксированного набора показателей, дающего возможность увидеть различия между каждой страной и каждой оценкой» представляет собой идеальный случай. Однако это часто не реализуемо. Даже если некоторые ключевые индикаторы доступны систематически, в каждой оценке в соответствии с Водной конвенцией необходимы некоторые дополнения и адаптации.

За последние годы было предложено несколько возможных категорий показателей с целью их значимой интеграции в методологию некус оценки. На ранних

этапах разработки методологии показатели были классифицированы либо по группам, либо по источникам как показано ниже.

Показатели по группам:

- Национальные показатели
- Бассейновые индикаторы
- Нексус индикаторы ФАО
- Перспективные индикаторы
- Конкретные показатели

Показатели по источникам

- Страновые эксперты
- Страновые (ФАО, Всемирный банк и т.д.) и бассейновые статистические данные.
- Пространственная информация
- Анкета на основе мнений

Оба типа категоризации показывают, что разные индикаторы имеют разную природу. Некоторые из них качественные, а некоторые количественные, некоторые геопространственные и некоторые статистические. Кроме того, данные могут предоставляться в масштабе страны или в масштабе бассейна. Некоторые показатели предоставляются экспертами и национальными правительствами, а другие предоставляются международными статистическими службами.

В методологии НОТБ эти показатели классифицируются по методологическому использованию и представлены в ECE (2015) и de Strasser and others (2016) следующим образом:

- непространственные индикаторы (индикаторы скрининга, перспективные индикаторы, оценочные индикаторы); а также
- геопространственные индикаторы.

Эта категоризация использовалась для проведения оценок, а также отражена в отчетах об оценке нексуса. Первая группа показателей в наборе непространственных показателей (индикаторы скрининга) используется для описания бассейна и его контекста и основана на информации от экспертов, правительств и международных статистических служб. Официальные данные, как правило, имеют приоритет над информацией, поступающей из других источников. Вторая группа индикаторов (перспективные индикаторы) используется в опроснике мнений и включает разного рода информацию о ресурсах и социально-экономических условиях. Третья группа (специфические для оценки показатели) состоит из нексусных взаимосвязей и решений, которые выявляются и во многом зависят от динамики оценки. Экспертам необходим набор геопространственных индикаторов для моделирования и дальнейшего количественного анализа, но эти индикаторы также используются для отображения распределения различных факторов, имеющих отношение к взаимосвязи.

Показатели скрининга до сих пор не были отнесены к какой-либо конкретной группе взаимосвязей, поэтому цель здесь состоит в том, чтобы предоставить эту информацию. Поскольку ресурсная база каждого из заинтересованных секторов

представляет особый интерес на технических этапах анализа, информация о наличии ресурсов и их использование имеет решающее значение. Большинство показателей представлены в ЕЭК (2015 г.) и используются в оценках.

Ключевые индикаторы помогают различать различия между ресурсной базой, видами использования и проблемами в различных оцениваемых бассейнах, и обзор категорий и того, как они используются в некусных оценках, подтверждает это. Не существует шаблона индикаторов или категоризации, который можно было бы использовать для каждой некусной оценки. Однако одним набором показателей, который приближается к этой цели, является группа «ключевых показателей». Ключевые индикаторы, перечисленные ниже, представлены очень похожим образом для каждой некусной оценки, что позволяет участникам увидеть важность ресурсов в каждом бассейне. Информация на уровне бассейна не всегда доступна, а субнациональные административные единицы часто не соответствуют границам бассейна.

Ключевые показатели

- Общие возобновляемые ресурсы пресной воды
- Установленная электрическая мощность (по источникам)
- Сельскохозяйственные земли
- Валовой внутренний продукт (ВВП)
- Население

Ключевые индикаторы можно представить наглядно.

Аналитические основы и инструменты для количественной оценки

В методологии НОТБ используется ряд качественных инструментов, которые помогают выявить взаимосвязи на основе участия, но она также требует использования количественных инструментов для количественной оценки компромиссов и преимуществ сотрудничества. В частности, моделирование может быть особенно полезным для обоснования представления некус-решений в форме количественных выгод (например, повышение эффективности, сокращение выбросов, оптимальные затраты и т. д.).

В этом разделе представлен обзор имеющихся аналитических рамок, применимых на трансграничном уровне (и, следовательно, представляющих интерес для некуса-оценок в рамках Конвенции по трансграничным водам и аналогичных усилий), которые можно использовать для поддержки процессов принятия решений, включающих количественную информацию о некус-взаимосвязях, и их эволюция во времени по разным сценариям. В нем также описывается опыт моделирования преимуществ в рамках методологии НОТБ и указываются пути дальнейшего расширения использования количественных инструментов в этом качестве.

Основа и количественные инструменты, применимые в масштабе трансграничного бассейна

По мере того, как разрабатываются различные аналитические структуры некуса, набор инструментов, доступных техническому аналитику для количественного анализа

динамики взаимосвязи, постоянно обогащается. Тем не менее, в то же время, поскольку вопросы взаимосвязи меняются от случая к случаю и от бассейна к бассейну, аналитик должен быть осторожным в выборе наиболее подходящей и применимой структуры. Структура для количественного анализа взаимосвязи включает применение различных типов инструментов (например, программного обеспечения для моделирования или моделей).

Все эти рамки основаны на количественном подходе и учитывают несколько взаимосвязанных взаимосвязей. В то время как почти все рамки касаются водных, энергетических или продовольственных аспектов, некоторые из них включают более широкие аспекты, такие как климат, окружающая среда или социально-экономические показатели. В то время как аналитические структуры предназначены для охвата всех различных ресурсов в нексусе, базовые программные инструменты, как правило, имеют отраслевую направленность. Часто это происходит из-за того, что инструменты разрабатывались с упором на конкретную область, а затем комбинировались с другими инструментами или расширялись. Поскольку инструменты имеют явно единственную направленность (например, земля, почва или сельское хозяйство), объединение и расширение инструментов позволяет собрать соответствующий набор инструментов для различных условий и различных наборов вопросов.

Следует отметить, что аналитические рамки часто строятся на свободно доступном программном обеспечении. Чтобы позволить более широкому сообществу заинтересованных сторон работать с этими аналитическими структурами, большая часть базового программного обеспечения доступна для бесплатного использования либо через общедоступные лицензии, либо по лицензиям с открытым исходным кодом. Поскольку доступ к технической поддержке не всегда легко доступен, основным преимуществом является гибкость.

Практическое занятие состоит из нексуса – игры, где магистранты совместно развивают речной бассейн путем решения нексус проблем.

Вопросы для оценки усвоения представленного материала

1. Каким целям в области устойчивого развития служит нексус-анализ ВЭПЭ?
2. На каких принципах базируется методология нексус оценки?
3. Из каких шагов состоит методология нексус оценки?
4. Какие задачи преследует нексус оценка для изучаемых трансграничных рек?
5. Какие аналитические переменные аналируются на шаге 3 при анализе управления ключевыми секторами.

Литература

1. Mario Roidt and Lucia de Strasser. Methodology for assessing the water-food-energy-ecosystem nexus in transboundary basins and experiences from its application: synthesis. UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. 2018
2. Марио Ройдт и Люсия де Штрассер. Методология оценки системы взаимосвязей «вода–продовольствие–энергия–экосистемы» в трансграничных бассейнах и примеры опыта ее применения: обобщающий доклад. ЕЭК ООН. 2018.83 с.

МОДУЛЬ 4. ПРИМЕРЫ УСТОЙЧИВЫХ РЕШЕНИЙ НЕКСУСА ВЭПЭ

4.1. НЕКСУС ВОДЫ И ЭНЕРГИИ В ИРАНЕ

Содержание

1. Введение
2. Энергетический сектор Ирана и требования на воду
3. Оценка водо-связанных рисков
4. Потенциальное влияние водо-связанных рисков на электроэнергетический сектор

Введение

По оценкам 1.1 миллиарда человек, или 14% населения мира, не имеют доступа к электричеству, а еще больше имеют лишь ненадежное снабжение современными энергетическими услугами (ОЭСР/МЭА, 2017). В то же время спрос на воду и энергию увеличивается в связи с ростом населения, экономическим развитием, урбанизацией и изменением потребительских привычек. Обеспечение водо- и энергоснабжения в этих условиях создаёт серьезные проблемы как на национальном, так и на международном уровнях из-за высокой взаимосвязанности энергетических и водных систем.

Вода нужна не только в цепочке энергоснабжения, но и энергия нужна для извлечения, распределения и очистки воды. Опреснение воды существенно увеличивает потребность в энергии в вододефицитных регионах, например таких как Средний Восток и Северная Африка (MENA) (Дельгадо и др., 2017). В то время как на сектор водоснабжения приходится около 4% мирового потребления электроэнергии, на Ближнем Востоке он уже составляет 9%, при этом четверть потребления энергии, связанной с водой, приходится на опреснение (OECD/IEA 2016). В настоящий период 5% электроэнергии, потребляемой водным сектором, используется для опреснения воды. Во всем мире для опреснения воды используется около 30 тераватт-часов электроэнергии; а к 2040 г. прогнозируется, что в зависимости от сценария на опреснение будет израсходовано от 295 до 345 тераватт-часов. Прогнозы Международного энергетического агентства (OECD/IEA 2016) показывают, что к 2040 году доля электроэнергии, потребляемой опреснением, вырастет в четыре раза и превысит 20%.

Большинство энергетических систем чувствительны к изменениям количества и качества подаваемой воды (IRENA 2015). Снижение водообеспеченности, а также изменения температуры, объемного расхода и плотности воды могут оказывать существенное влияние на энергетические системы. В частности, это касается сектора электроэнергетики. Например, на производство гидроэлектроэнергии может повлиять снижение уровня воды, низкий расход воды и заиливание водохранилищ. Тепловые электростанции, которым требуется большое количество воды для охлаждения, также могут быть затронуты сокращением доступности воды и повышением температуры воды, что может снизить эффективность охлаждения и привести к увеличению потребности в охлаждающей воде (ОЭСР / МЭА, 2015).

Примером вышеприведенного может являться водообеспечение сельского хозяйства в Иране, где сельскохозяйственный сектор является крупнейшим и наименее эффективным потребителем воды. Поскольку вода становится дефицитным ресурсом, экстенсивное использование воды в сельском хозяйстве имеет прямые последствия для других секторов, включая энергетический сектор. С начала 2018 водные вопросы привлекают большое внимание в общественных дебатах из-за проблем, которые все чаще ощущаются как следствие нехватки воды в стране. Часто обсуждается снижение уровня воды в различных озерах и водно-болотных угодьях, таких как озеро Урмия (Джалили и др., 2016). Изменение климата и растущий

спрос на воду в сельскохозяйственном секторе еще больше усложняют вопросы водообеспечения, поскольку более 90% годового забора воды в Иране для орошения и животноводства. Сельскохозяйственный сектор является основным потребителем воды в Иране и, наиболее страдающим сектором в условиях её дефицита.

Доля энергетического сектора в потреблении воды значительно ниже по сравнению с сельскохозяйственным сектором. Однако в последние годы нехватка воды уже сказывается и на электроснабжении Ирана. С уменьшением доступа к водным ресурсам аспекты энергетической безопасности и распределения водных ресурсов могут стать ещё более актуальными в ближайшем будущем. Это особенно важно, учитывая то, что спрос на энергию в Иране, особенно на электроэнергию, может возрасти с 253 тераватт-часов в 2016 году до более 350 тераватт-часов в 2040 году (OECD/IEA 2018; Azadi et al. 2017).

Растущий спрос на электроэнергию имеет различные причины, некоторые из которых связаны с изменением климата в регионе; повышение температуры, например, может привести к увеличению потребности в электроэнергии для охлаждения. В свою очередь, растущий спрос на электроэнергию стимулирует спрос на воду в энергетическом секторе. Между тем ожидается, что подача нетрадиционной воды с помощью энергоёмких методов опреснения морской воды или методов восстановления сточных вод будет стимулировать спрос на электроэнергию в водном секторе. Все эти различные движущие силы подпитывают спрос на электроэнергию, вызывая всплеск потребности в воде для производства электроэнергии.

Энергетический сектор Ирана и требования на воду

Исламская Республика Иран богата источниками энергии и является чистым экспортером энергии. Иран обладает четвертыми по величине доказанными запасами нефти и вторыми по величине доказанными запасами природного газа в мире (IEA 2017). Соответственно, нефтегазовая промышленность играет ключевую роль в экономике страны и вносит значительный вклад в финансовые доходы Ирана. Что касается спроса, то в последние десятилетия в стране наблюдается очень быстрый рост внутреннего спроса на энергию не только из-за быстрого роста населения, усиления урбанизации и изменения потребительских привычек, но также из-за субсидирования чрезмерного использования и высокой неэффективности производства энергии, транспорта и потребления (Moshiri and Lechtenböhrer 2015).

В настоящее время более 95% добываемого в Иране газа используется внутри страны (IEA 2018). Несмотря на большие запасы ископаемого топлива в стране, постоянное увеличение внутреннего спроса на энергию может снизить будущие возможности страны по экспорту ископаемого топлива. Такое развитие событий будет иметь решающее значение для иранской экономики, которая сильно зависит от экспорта ископаемого топлива.

Реформирование внутреннего энергетического рынка занимает центральное место в целях ограничения расточительного использования энергии и замедления роста спроса. Так за последние два десятилетия в стране был проведен ряд реформ в области энергетических субсидий. Но контролируемые государством цены на электроэнергию остаются низкими, в значительной степени из-за чрезмерной инфляции, что затрудняет модернизацию энергетического сектора и расширение мощностей. Отсюда, Иран входит в число стран с наибольшим объемом использования воды в энергетическом секторе (Spang et al., 2014).

Потребность в воде в энергетическом секторе включает водопотребление и водозабор как в секторе первичной энергии, так и в секторе электроэнергетики. Первый включает разведку и переработку ресурсов ископаемого топлива, таких как сырая нефть и природный газ. В Иране основная доля воды, потребляемой в энергетике, используется в производстве первичной энергии (Spang et al., 2014). Разведка и переработка сырой нефти особенно водоемки (в среднем расход воды на разведку нефти колеблется в пределах 15-78 м³ на тераджоуль, на переработку сырой нефти в среднем 16 м³ на тераджоуль); при добыче традиционного газа

потребление воды, как правило, ниже (в среднем 1.6 м³ на тераджоуль) (ОЭСР/МЭА, 2016; Уильямс и Симмонс, 2013; Ву и др., 2009).

Около 78 % электроэнергии в Иране вырабатывается из природного газа. Так в 2016 году газ являлся доминирующим видом топлива в энергетике, за ним следовало дизельное топливо (8%), мазут (6%), гидроэнергетика (6%), ядерная (2%) и возобновляемая энергия (0.1%) (TERRAPON-PFAFF и др., 2018). Помимо гидроэнергетики (установленная мощность 11 278 мегаватт), возобновляемые источники энергии по-прежнему играют незначительную роль в электроэнергетической системе Ирана. Доминирующая доля в портфеле производства электроэнергии принадлежит паровым, газовым и комбинированным электростанциям, работающим на ископаемом топливе (52 391 МВт). К концу 2015 года Иран произвел 86 968 гигаваатт-часов электроэнергии на паровых электростанциях, 75 423 гигаваатт-часов на газовых электростанциях и 100 936 гигаваатт-часов на основе электростанций комбинированного цикла (МОЕ/Tavanir, 2016). Для сравнения, забор и потребление воды в электроэнергетическом секторе Ирана намного ниже, чем потребность в воде для производства первичной энергии (Spang et al. 2014).

Поскольку основная доля электроэнергии в Иране вырабатывается водоемкими тепловыми электростанциями, большая часть воды используется для систем охлаждения. Тип установленных систем охлаждения существенно влияет на забор и потребление воды. Классические системы охлаждения включают прямоточные системы охлаждения, системы с замкнутым контуром (или системы с мокрой рециркуляцией, например, системы градирен) и системы сухого охлаждения. В частности, прямоточные системы охлаждения очень требовательны к воде, как и градирни. Только более поздние системы с сухим охлаждением почти не нуждаются в воде для охлаждения, хотя они обеспечивают более низкую эффективность установки. В Иране уже действуют правила, требующие, чтобы на новых электростанциях использовались системы сухого охлаждения. Однако на сегодняшний день иранский энергетический сектор по-прежнему характеризуется устаревшей и неэффективной энергетической инфраструктурой с большим количеством водоемких систем охлаждения.

Одним из многообещающих вариантов снижения водоемкости в электроэнергетическом секторе, может быть, расширение использования возобновляемых источников энергии, таких как солнечные фотоэлектрические (19 м³ на тераджоуль) или ветряные (0.2 м³ на тераджоуль). Эксплуатация солнечных фотоэлектрических и ветряных электростанций значительно менее водоемкая по сравнению с выработкой тепловой энергии на ископаемом топливе (средний расход воды при выработке тепловой электроэнергии на нефти составляет 485 м³ на тераджоуль, на газе — 267 м³ на тераджоуль) (Меконнен и др., 2015). Кроме того, для источников солнечной и водной энергии потребление воды для подачи топлива отсутствует. В любом случае связанные с водой риски и воздействие на энергетический сектор должны занимать важное место в программе модернизации энергетического сектора страны и увеличения мощности.

Сельскохозяйственный сектор в Иране в значительной степени зависит от орошения и потребляет более 90% ограниченных водных ресурсов страны (Мадани, 2014). Неэффективному использованию воды в этом секторе способствовали высокие субсидии на воду и энергию, которые были предоставлены для достижения национальной цели продовольственной самообеспеченности — высокого приоритета в политической повестке дня Ирана на протяжении десятилетий. Международные санкции также сыграли свою роль, препятствуя необходимым инвестициям в основные инфраструктуры как в водном, так и в сельскохозяйственном секторах (Beevor 2018).

Опреснение морской воды является многообещающей будущей стратегией для преодоления дефицита воды, поскольку этот метод может сделать морскую воду пригодной

для питья в больших масштабах. Однако опреснение морской воды является очень энергоемким процессом, и его крупномасштабное применение приведет к увеличению потребности в энергии. Сегодня за счет опреснения удовлетворяется лишь около 1% мирового спроса на воду, и тем не менее на него уже приходится примерно четверть общего потребления энергии в водном секторе (ОЭСР/МЭА, 2016). По прогнозам, к 2040 году мощности по опреснению воды во всем мире увеличатся в четыре раза, и на них будет приходиться 60% энергопотребления водного сектора. В частности, на Ближнем Востоке ожидается значительный рост мощностей по опреснению воды, на которые к 2040 году будет приходиться более 10% конечного потребления энергии в регионе.

К 2018 г., в Иране эксплуатировалось около 73 опреснительных установок, способных очищать 420 000 м³ соленой воды в день или 148 миллионов м³ в год (Financial Tribune, 2018). Хотя в 2004 году размер опреснительных установок в Иране составлял от 100 до 10 000 м³ в день (Madaeni and Ghanei 2004), с тех пор размеры установок изменились. В 2018 году в Бендер-Аббасе было начато строительство опреснительного комплекса общей мощностью 1 000 000 м³ в сутки (DesalData 2018). Для обеспечения потребности этих опреснительных установок в электроэнергии запланировано строительство электростанция мощностью 300-400 мегаватт. В соответствии с текущим увеличением опреснительных мощностей Иран занимает второе место среди всех стран MENA с точки зрения планируемой в будущем установки дополнительных опреснительных мощностей. Ожидается, что к 2040 году мощность Ирана по опреснению воды увеличится до более чем 10 миллиардов м³. Для этого потребуется более 40 тераватт-часов электроэнергии. (Рис. 4). Опреснение в Иране осуществляется преимущественно за счет ископаемого топлива; запланированное расширение мощностей также сосредоточено на традиционных электростанциях, работающих на ископаемом топливе, в качестве источников электроэнергии. Тем не менее, исследования показали, что опреснительные установки в Иране также могут экономически эффективно работать на возобновляемых источниках энергии, что может значительно повысить устойчивость усилий по опреснению воды в стране (Caldera et al. 2016).

Большинство технологий производства электроэнергии нуждаются в воде для охлаждения, паровых турбин, процессов очистки и работы электростанций. Количество воды, необходимое для различных типов технологий производства электроэнергии, варьирует. К сожалению большинство электростанций в мире (включая тепловые и гидроэлектростанции) являются водоемкими электростанциями. Ограничения доступности и качества воды могут поставить под угрозу надежность текущего производства электроэнергии, а также осуществимость и устойчивость будущих расширений энергетического сектора.

Оценка водо-связанных рисков

Были проведены консультации с группой иранских экспертов, чтобы лучше оценить связанные с водой риски для иранского электроэнергетического сектора. Экспертов попросили оценить шесть связанных с водой рисков в отношении уровня риска, который они представляют для иранского энергетического сектора (низкий/средний/высокий), и временных рамок, в течение которых, по их мнению, этот риск может возникнуть.

Сокращение располагаемых водных ресурсов. Тепловые и гидроэлектростанции имеют высокие потребности в воде и, следовательно, уязвимы к уменьшению водообеспеченности. Снижение водообеспеченности может негативно сказаться на электростанциях в разной степени, что приведет к снижению эффективности, сокращению мощностей или даже к остановке электростанций. Доступность воды вызывает все большую обеспокоенность в связи с удовлетворением будущих потребностей в производстве электроэнергии.

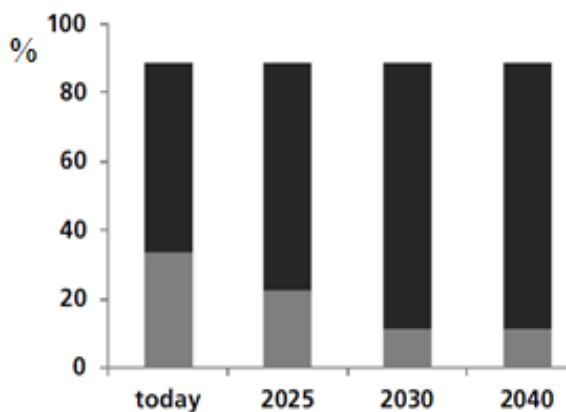
Сезонная изменчивость располагаемых водных ресурсов. В большинстве регионов доступность воды меняется в течение года. Эта сезонная изменчивость может привести к периодам, когда водных ресурсов будет недостаточно для удовлетворения спроса, а также к другим периодам, когда большие объемы воды будут предоставлять риски для производства электроэнергии. Например, быстрое таяние снега весной может привести к перегрузке водохранилищ или привести к наводнениям, что поставит под угрозу электростанции на берегах рек. Это может привести к потерям электроэнергии в весеннее время и неадекватному водоснабжению для выработки электроэнергии летом.

Изменение качества воды. Качество воды может повлиять на работу электростанции как в системе водозабора, так и в системе сброса воды. Например, изменение качества воды на водозаборе может привести к увеличению уровня образования накипи, коррозии и/или биологического роста, что может снизить эффективность и срок службы систем охлаждения. Плохое качество сбрасываемой воды может отрицательно сказаться на экосистеме, если не будет должным образом управляться и регулироваться. В тех случаях, когда требования к сбросной воде не могут быть удовлетворены, работа электростанции может быть поставлена под угрозу.

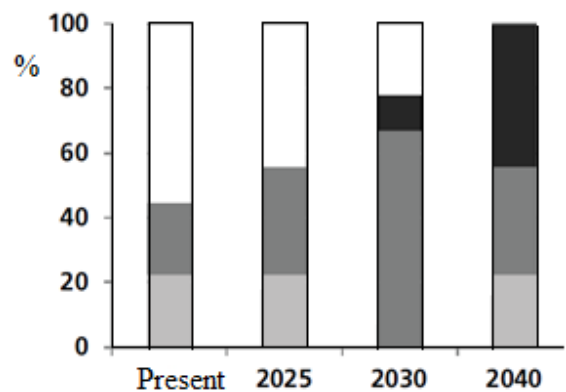
Изменения температуры воды. Повышение температуры воды может снизить эффективность охлаждения и увеличить потребность в охлаждающей воде, что отрицательно скажется на работе электростанции и выработке электроэнергии. Более высокие температуры сточных вод могут затруднить соблюдение нормативных требований к температуре воды в реке, которые обычно требуют, чтобы температура сбрасываемых вод оставалась ниже определенного порога для защиты экосистемы.

Поднятие уровня моря. В результате глобального потепления повышение уровня моря может повлиять на прибрежную энергетическую инфраструктуру. Помимо наводнений, повышение уровня моря также может привести к загрязнению источников пресной воды соленой водой, а более высокая соленость может создать проблемы для работы электростанций.

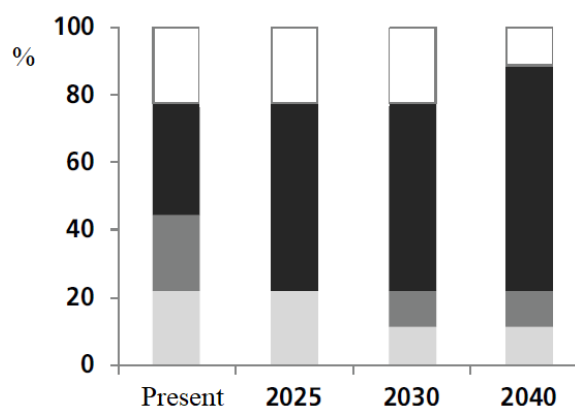
Сокращение доступной воды



Изменение температуры воды

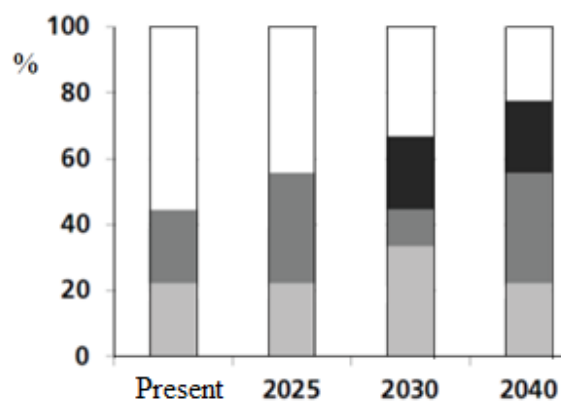


Сезонная изменчивость



Изменение качества воды

Поднятие уровня моря



Регулятивная неопределенность

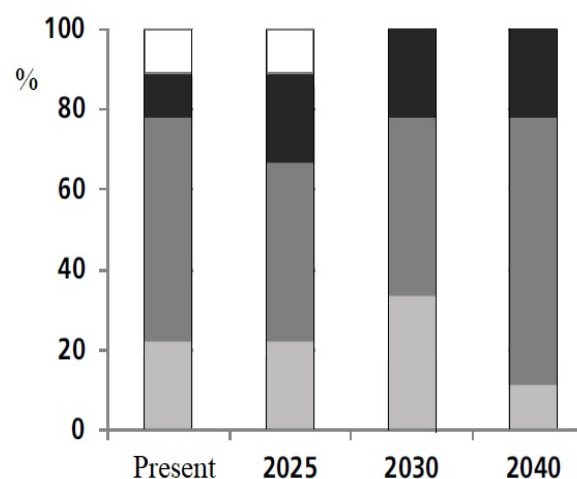
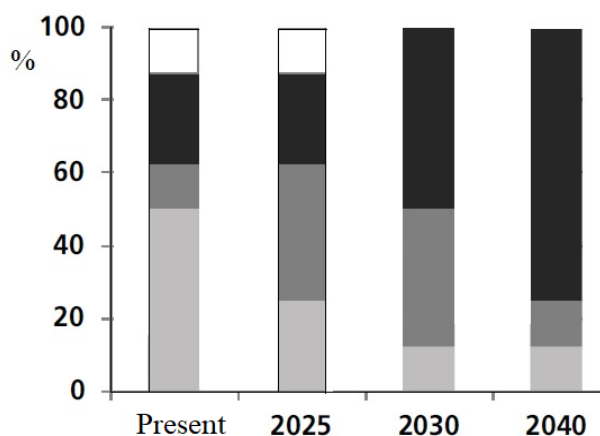


Рис. 5. Оценка связанных с водой рисков для электроэнергетического сектора Ирана в настоящий период и в будущем иранскими экспертами (TERRAPON-PFAFF и др., 2018)

Регулятивная неопределенность. На использование воды для производства электроэнергии могут быть наложены нормативные ограничения. Областями, вызывающими беспокойство, являются неопределенность в отношении будущих нормативных изменений, например, в отношении цен на воду или требований к качеству воды, а также потенциальные конфликты, возникающие в результате проблем с водой (IRENA/WRI, 2018; Rodriguez, 2016; World Bank, 2014; Gassert, 2014; Chien и др., 2013).

Пример 1: Потенциальное воздействие водо-связанных рисков

Помимо оценки рисков, связанных с водой, эксперты также обсудили потенциальное воздействие рисков на иранский энергетический сектор. По их мнению, нехватка воды может повлиять на текущую выработку электроэнергии в виде либо снижения выработки электроэнергии, либо снижения уровня эффективности. Проблемы с водой также могут повлиять на планирование и развитие будущих энергетических инфраструктур. Что касается спроса, связанные с водой риски для энергетического сектора могут коснуться потребителей электроэнергии в виде повышения цен на электроэнергию или ненадежности поставок. Потенциально это может иметь более серьезные социальные последствия, например, в форме общественного недовольства или даже протестов.

Нехватка воды уже оказывает значительное влияние на инфраструктуру производства электроэнергии в Иране, которая чрезмерно зависит от тепловых и гидроэлектростанций. Соответственно, все эксперты согласились с тем, что снижение выработки электроэнергии и снижение эффективности охлаждения уже произошло. Они также согласились с тем, что снижение выработки электроэнергии, безусловно, будет продолжаться, в то время как

снижение эффективности охлаждения, вероятно, останется проблемой для энергетического сектора. Ожидается, что снижение выработки электроэнергии будет иметь серьезные последствия. С другой стороны, снижение эффективности охлаждения считается менее критичным и может привести лишь к незначительным эксплуатационным последствиям для электростанций. Что касается географического охвата таких последствий, ожидается, что снижение выработки электроэнергии повлияет на национальный уровень, в то время как снижение эффективности охлаждения, как ожидается, произойдет в основном на местном уровне.

Снижение выработки электроэнергии и снижение эффективности могут привести к финансовым потерям для генерирующих компаний. Это потенциальное воздействие оценивалось по-разному от эксперта к эксперту. С одной стороны, было отмечено, что финансовые потери не имеют значения, поскольку государство владеет большей частью энергетической инфраструктуры и, следовательно, может покрыть потенциальные убытки при условии, что Иран продолжит получать доходы от экспорта нефти. С другой стороны, некоторые эксперты усмотрели в этих потерях проблемы если не для генерирующих компаний, то для Ирана как страны. Они ожидают, что финансовые потери будут наиболее вероятными и могут иметь серьезные последствия на национальном уровне.

Что касается воздействия нехватки воды на планирование и развитие новой инфраструктуры энергетического сектора, эксперты отметили, что воздействие уже произошло или произойдет в ближайшем будущем, но маловероятно, что в разрешениях на размещение электростанций будет отказано, а инвестиции в энергетическую инфраструктуру приостановлены. Вместо этого они ожидали, что планирование и инвестиции переместятся (как это уже происходит) в другие места, например, в районы на юге Ирана с более низким уровнем нагрузки на воду. Это воздействие оценивалось как потенциально серьезное, в основном на районном и областном уровнях, но не в национальном масштабе.

Что касается воздействия на потребителей энергии, нехватка воды уже повлияла на электроснабжение Ирана. Точно так же иранские эксперты согласились с тем, что ненадежное электроснабжение уже является результатом нехватки воды в Иране. Вероятность того, что это воздействие будет продолжаться, была оценена как наиболее вероятная, а серьезность воздействия оценивалась как умеренная или значительная. Ожидается, что воздействие затронет местный уровень вплоть до национального уровня.

Потенциал повышения цен на электроэнергию из-за рисков, связанных с водой, оценивался разными экспертами по-разному. В то время как некоторые считали вероятность такого воздействия маловероятной, поскольку цены на электроэнергию устанавливаются правительством, другие были уверены, что в будущем произойдет их повышение. Однако эксперты сошлись во мнении, что если это действительно произойдет, то последствия на

национальном уровне будут как минимум от незначительных до умеренных.

С точки зрения воздействия на общество, доступ к воде и водо-распределение могут стать источником напряженности как внутри государств, так и между ними (ОЭСР, 2005 г.).

В Иране нехватка воды уже привела к недовольству и небольшим протестам, как это было в юго-западных провинциях в середине 2018 года. Нехватка электроэнергии также может быть источником напряженности. Соответственно, эксперты предполагали, что это воздействие уже имело место и, скорее всего, будет иметь место в будущем с потенциальными серьезными последствиями, главным образом на уровне районов и провинций, а также на национальном уровне. Эта оценка воздействия показывает, что все воздействия оценивались либо как уже произошедшие, либо как вероятные в ближайшем будущем.

В целом серьезность последствий оценивается как умеренная или значительная, но в большинстве случаев еще не критическая. С точки зрения географического охвата воздействий картина неоднозначна; ожидается, что некоторые воздействия (например, снижение эффективности охлаждения или воздействие на развитие новой энергетической инфраструктуры) будут иметь место в основном на местном уровне, в то время как другие (например, снижение выработки электроэнергии или повышение цен на электроэнергию) будут иметь последствия во всех масштабах, вплоть до национального уровня.

Пример 2: Потенциальное влияние водо-связанных рисков на электроэнергетический сектор

1. Выработка энергии

– Снижение выработки электроэнергии или даже остановки электростанций (например, из-за ограниченной доступности охлаждающей воды во время периодов сильной жары)

– Снижение эффективности охлаждения из-за более высокой температуры воды – Финансовые потери для генерирующих компаний

2. Потребители электроэнергии

– Снижение надежности электроснабжения, перебои с электроэнергией или даже отключения электроэнергии

– Более высокие цены на электроэнергию (например, из-за возможности экономического ценообразования на воду, что приводит к более высоким затратам на производство энергии или зависимости от более дорогих форм генерации)

3. Новая электроэнергетическая инфраструктура

– Отказано в разрешении на размещение электростанций

– Инвестиции в энергетическую инфраструктуру приостановлены

4. Общество

– Социальное и политическое недовольство (например, конфликты с местными сообществами из-за доступа к воде)

Источник: World Bank 2014; PWC 2011

Выводы

Пример Ирана показывает, что водно-энергетические проблемы тесно переплетены. Нарастающий дефицит может существенно повлиять на развитие энергетики в этой стране, вместе с тем нарастающий дефицит водных ресурсов, как питьевой воды так и воды на нужды сельского хозяйства, может быть покрыт только при наличии энергии. Этот пример также показывает, что экспертная оценка может быть важным инструментом для оценки рисков, связанных с водой для энергетического сектора.

Практическое занятие проводится в виде семинара, где магистранты должны представить свои рефераты, разработанные на других примерах некуса анализа ВЭПЭ.

Вопросы по оценке усвоения лекционного материала

1. В чём особенность нексуса Воды и Электроэнергетики в Иране.
2. Что входит в потребность в воде энергетики.
3. Какой метод использован при оценке водо-связанных рисков.
4. Какие риски рассмотрены.
5. Как водо-связанные риски могут повлиять на электроэнергетику.

Литература

TERRAPON-PFAFF J., Fink T., LECHTENBÖHMER S. The Water-Energy Nexus in Iran Water-Related Challenges for the Power Sector. 2018.

4.2. НЕКСУС ВОДЫ, ЭНЕРГИИ И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ В БАССЕЙНЕ Р. СЫРДАРЬИ

Содержание

- Введение
- Водохозяйственная
- Нексус воды и энергии
- Региональное и двухстороннее сотрудничество

Введение

Противоречие требований на водные ресурсы сельского хозяйства и гидроэнергетики создаёт основу различий стратегических интересов стран верхнего и нижнего течения бассейна реки Сырдарья. Глубокое понимание потребности населения стран, расположенных в бассейне реки, может способствовать согласованию шагов, которые необходимы для сбалансированного использования водно-энергетических ресурсов. Важным шагом в этом направлении явилось Рамочное соглашение 1998 года, которое сконцентрировано на согласовании выработки электроэнергии и режиме работы водохранилищ на реке Сырдарья. Несмотря на важные механизмы сотрудничества, заложенные в рамочном соглашении, его реализация столкнулась с рядом трудностей. Поэтому на следующем шаге страны пошли по пути развития двухсторонних соглашений направленных на согласование отдельных вопросов, что может способствовать постепенному сближению позиций стран верхнего и нижнего течения. В данном разделе сначала описывается водохозяйственная система, затем приводятся шаги по развитию сотрудничества, их цели и задачи.

Водохозяйственная система

Бассейн Сырдарья представлен горной и предгорной зоной, или верхним течением, где формируются основные её притоки, средним и нижним течением, где происходит распределение её стока и поступление в Малый Арал. В верхнем течении располагаются земли Кыргызстана, в среднем течении Таджикистана и Узбекистана, и в нижнем течении Казахстана. В верхнем течении, на территории Кыргызстана на реке Нарын в конце 1970-х было построено Тохтогульское водохранилище, крупнейшее в регионе, которое играет ключевую роль в регулировании стока реки в интересах всех стран бассейна. Ниже Тохтогульского водохранилища расположены несколько русловых гидроэлектростанций, не влияющих существенно на сток реки. В результате слияния рек Нарын и Карадарья при входе в Ферганскую долину формируется

Сырдарья.

Сток р. Карадарьи при входе в Ферганскую долину регулируется в Андижанском водохранилище, сток р. Сырдарьи на выходе из Ферганской долины перерегулируется в Кайракумском водохранилище, расположенном на территории Таджикистана, и в нижнем течении Чардаринским водохранилищем на территории Казахстана. Такое расположение водохранилищ позволяет трансформировать природный режим стока реки в ирригационный, ирригационно-энергетический или энергетический режимы, что создаёт условия для:

- 1) Производства дешёвой электроэнергии в верхнем водохранилище и перерегулирования гидроэнергетические попуски в водохранилищах среднего и нижнего течения для орошения сельскохозяйственных культур.
- 2) Многократного получения электроэнергии за счет свободного стока и накопления части стока реки в водохранилищах ниже по течению. В последнем случае себестоимость выработанной электроэнергии выше, чем на верхнем водохранилище. Так себестоимость 1 квтчас электроэнергии выработанной на Чардаринской ГЭС приблизительно в 9 раз выше, чем на Токтогульской ГЭС.
- 3) Перехвата и перерегулирования возвратного стока с вышерасположенных орошаемых земель и направления его на орошение на ниже расположенные земли или на экологические цели в Малый Арал.
- 4) Обеспечения необходимых напоров для самотечной подачи воды в магистральные каналы в пределах среднего течения реки Сырдарья.

Вместе с тем, такое расположение сооружений по управлению водными ресурсами имеет и определенные сложности:

- 1) Требуется согласованного управления водными ресурсами всеми странами бассейна реки.
- 2) Несогласованные гидроэнергетические попуски с верхнего течения, неучтенные в режиме эксплуатации водохранилищ среднего течения, приводят к затоплению части орошаемых земель в среднем и нижнем течении реки.
- 3) Для снижения риска затопления земель и перехвата, и перерегулирования попусков были построены дополнительные водохранилища, одним из которых является Коксарайское, ниже Чардаринского, ёмкостью 3000 млн м³. Водохранилища имеют низкую эффективность и характеризуются большими потерями воды на испарение.
- 4) Полное зарегулирование стока реки привело к значительному ущербу рыбному хозяйству, изменению видового состава рыб и сокращению их численности.

Некрус воды и энергии

Особенность бассейна р. Сырдарьи характеризуется неравномерностью распределения водных и энергетических ресурсов. Около 74% стока реки формируется в Кыргызстане, 11.1% в Узбекистане, в Таджикистане 3% и 12.1% в Казахстане (Таблица 1).

Таблица 1. Водные и орошаемые земельные ресурсы бассейна р. Сырдарья в разрезе стран

Страна	Сток реки		Орошаемые земли тыс.га
	км ³ /год	%	
Кыргызстан	27.4	73.8	415*
Узбекистан	4.14	11.1	1912.8
Таджикистан	1.1	3.0	259

Казахстан	4.5	12.1	786
Всего	37.14	100	3372.8

*в целом по стране

Как видно из Таблицы 1, значительная часть водных ресурсов формируется в пределах горной зоны на территории Кыргызстана, в то же время основные площади орошаемых земель, где вода нужна для выращивания сельскохозяйственных культур расположены в средней и нижней зоне на территории Казахстана и Узбекистана. Использование водной энергии в бассейне р. Сырдарья сосредоточено в основном в Кыргызстане, энергетика же Казахстана и Узбекистана зависит от запасов природного газа и угля, соответственно (Таблица 2).

Таблица 2. Установленная мощность электростанций в странах Центральной Азии (2021)

Страна	Уголь	Природный газ	Гидроэнергетика	Всего
	МВт	МВт	МВт	МВт
Кыргызстан	862	0	3070	3932
Узбекистан	2700	9576	1939	14220
Таджикистан	719	0	5858	6577
Казахстан	17405	2015	2729	23547

*данные в целом по странам

Спрос на электроэнергию в Кыргызстане в зимние периоды в три раза выше, чем в летние месяцы, в этот период гидроэлектростанции не справляются с покрытием спроса на электроэнергию. Дефицит электроэнергии становится наиболее ощутимым в годы, когда уровень воды в водохранилищах в зимний период понижается. В настоящее время Кыргызстан использует только 13% своего общего гидроэнергетического потенциала, и гидроэнергетика является основным потенциалом достижения энергетической безопасности. Страна верхнего течения, имеющая крайне ограниченные топливные ископаемые ресурсы, заинтересована в выработке электроэнергии в зимний период, когда потребность в электроэнергии максимальна, что требует пусков из Токтогульского водохранилища. Такой энергетический режим работы водохранилища требует накопления стока реки в летний период и отработки его в основном в зимний. Однако, эксплуатация водохранилища в энергетическом режиме создаёт крайний дефицит воды для сельского хозяйства в летний период, когда потребности в оросительной воде максимальны, поскольку ёмкости водохранилищ среднего и нижнего течения не достаточны для компенсации потерь летнего стока. Именно поэтому, в качестве компенсационных мер страны нижнего течения вынуждены искать возможности накопления стока, даже путём строительства наливных, имеющих большие потери, водохранилищ.

Эта взаимосвязь, или нексус, воды, энергии и продовольствия требует своего устойчивого равноправного решения на благо всего населения региона. Для решения данной нексус-проблемы страны бассейна избрали пошаговый путь. Изначально, в период Советского Союза, бассейн Аральского моря стал регионом хлопкосеяния и

поставщиком хлопка-сырца для всего союза. Поэтому все построенные в этот период водохранилища эксплуатировались в ирригационном или ирригационно-энергетическом режиме, к последним относилось и Токтогульское водохранилище, которое регулировало многолетний сток реки Нарын в целях ирригаций, попутно вырабатывая электроэнергию.

Это водохранилище многолетнего регулирования, сданное в эксплуатацию в 1970-е годы, было построено для выравнивания стока реки в маловодные и многоводные годы в целях удовлетворения потребности в воде на орошение, в основном хлопка, пшеницы, риса, и др. культур в Узбекистане и Южном Казахстане. Общая установленная гидроэнергетическая мощность каскада этого водохранилища и четырех других меньших водохранилищ, расположенных вниз по течению той же реки, составила 2 870 МВт. Согласно Протокола №413 от 1984 года Правительства Советского Союза, в нормальный год 75% ежегодного попуска воды из водохранилища должно было осуществляться в летнее время (апрель-сентябрь), а зимние попуски (октябрь-март) на уровне $180 \text{ м}^3/\text{сек}$ не должны были превышать оставшиеся 25%. Избыток электроэнергии, выработанной летом, доставлялся в электроэнергетическую систему Центральной Азии для потребления регионами Узбекистана и Южного Казахстана. Поскольку в Кыргызстане отсутствуют большие запасы ископаемого топлива, топливо в Кыргызстан поставлялось из Узбекистана и Казахстана для того, чтобы Кыргызстан мог обеспечить свое зимнее потребление электроэнергии и тепла. Дефицит продовольствия, потребности в котором были значительно ниже на данном этапе, также поставлялся из других регионов. На тот период это было оптимальное согласование водно-энергетических проблем.

Однако, сначала 1990-х годов, когда страны региона стали независимыми, водно-энергетические взаимосвязи претерпели коренное изменение. Цены на ископаемое топливо быстро выросли до мировых уровней. Потребители быстро переключились с отопления с использованием дорогостоящего ископаемого топлива на электрическое отопление, увеличивая потребление электроэнергии в зимнее время. Кыргызская Республика не могла позволить себе импортировать ископаемое топливо и начала увеличивать зимние попуски воды для покрытия нагрузки в зимнее время, и сокращать летние попуски для накопления воды на зимний период.

Это приводило к тому, что фермеры в Узбекистане и Казахстане летом сталкивались с дефицитом поливной воды, а зимой – с замерзанием водотоков и каналов, не справляющихся с большим объемом воды, эти объемы воды расточительно отводились в депрессии, которые сформировали искусственную Айдар-Арнасайскую систему, что приводило в этот период подтоплению значительной площади земель. В 1990–2000 годах летние попуски уменьшились до 45%, а зимние попуски увеличились до 55% от годовых попусков.

Для решения этой проблемы страны Центральной Азии заключили соглашение в феврале 1992 года для поддержания и следования договоренностям советского времени. Это соглашение, а также ежегодные соглашения по попуску воды и обмену электроэнергией и ископаемым топливом способствовали решению проблемы, но имели краткосрочный эффект—ориентация на энергетический режим эксплуатации Токтогульского водохранилища привела к апрелю 1990 года к рекордно низкому объему воды в водохранилище в 7.2 км^3 , близкому к мертвому объему в 5.5 км^3 .

В 1998 году государства Центральной Азии заключили новое долгосрочное рамочное Соглашение об использовании водно-энергетических ресурсов бассейна реки Сырдарья (г. Бишкек. 17 марта 1998 года). В соглашении было отмечено два

важных момента: (1) страны согласились, что выгоды, извлекаемые из совместной эксплуатации Нарын-Сырдарьинского каскада водохранилищ путем многолетнего регулирования стока и противопаводковых мероприятий включают использование воды для ирригационных нужд и производства электроэнергии, и; (2) необходимость комплексного использования водно-энергетических ресурсов бассейна реки осуществлять с учетом экологической безопасности региона.

Страны согласились:

- (1) С целью “обеспечения согласованных режимов работы гидроэнергетических объектов и водохранилищ Нарын-Сырдарьинского каскада, осуществления подачи воды для ирригационных нужд, ежегодно координировать и принимать решения по попуску воды, выработке и передаче электроэнергии, а также по компенсациям потерь энергоресурсов на эквивалентной основе”;
- (2) “..дополнительно выработанную каскадом Нарын-Сырдарьинских ГЭС электрическую энергию, связанную с режимом попусков воды в вегетацию и многолетним регулированием стока в Токтогульском водохранилище, сверх нужд Кыргызской Республики передавать в Республику Казахстан и Республику Узбекистан”;
- (3) “Компенсировать эту электроэнергию путём поставок в эквивалентном объеме энергоресурсов (уголь, газ, топочный мазут, электроэнергия), а также другой продукции (работ, услуг) или в денежном выражении по согласованию в Кыргызскую Республику, для создания необходимых ежегодных и многолетних запасов воды в водохранилищах для ирригационных нужд”;
- (4) при осуществлении взаиморасчетов обеспечить единую тарифную политику на все виды энергоресурсов и на их транспортировку.

К сожалению, последовавшее затем повышение цен на энергоресурсы не позволило в те годы эффективное исполнение ежегодных межправительственных ирригационных соглашений, заключенных в соответствии с новым рамочным соглашением. В результате в апреле 2002 уровень водохранилища опять опустился до низкого уровня в 7.5 км³, снизив возможность многолетнего регулирования водохранилища.

Особенности этого периода заключаются в следующем:

1. Прежняя однополярная экономика, направленная на обеспечение хлопковой независимости огромного государства, сменилась многополярной, в которой каждая страна имеет свои приоритеты. Страна верхнего течения, Кыргызстан, в качестве основного источника доходов национальной экономики рассматривают гидроэнергетические ресурсы, густонаселенные же страны нижнего течения, постепенно отказывающиеся от хлопковой направленности сельского хозяйства, рассматривают приоритетом производство продовольствия на орошаемых землях. В этих странах (Узбекистан и южные районы Казахстана в пределах бассейна реки) около 90% располагаемых водных ресурсов, и около 10-13% вырабатываемой электроэнергии, используется в сельском хозяйстве. Несмотря на рост численности населения и потребности в продовольствии, страны нижнего течения вынуждены также искать возможности перераспределения части располагаемых водных ресурсов и на другие нужды.
2. Резкое увеличение численности населения и, соответственно, потребности в продовольствии, только усложнило теперь уже водно-энергетические-продовольственные взаимосвязи. Ранее выработанные решения и компенсации

потерь электроэнергии явились лишь частичным временным решением. Строительство новых водохранилищ увеличило потери воды на испарение и фильтрации, а строительство новых теплоэлектростанций привело к новым проблемам – угрозе истощения полезных горючих ископаемых и увеличению выбросов парниковых газов.

3. Изменение климата, одним из главных последствий которого является таяние ледников, может привести к снижению летнего стока реки Сырдарья, а углубление дефицита водных ресурсов может сказаться на сокращении выработки электроэнергии и объема сельскохозяйственного производства.

В этих условиях решение нехус-проблемы можно рассматривать по нескольким альтернативным сценариям, таким как реализация водно-энергетического консорциума, создание единого рынка воды или расширение использования солнечной и ветровой энергии.

Региональная система снабжения электричеством была создана единой, направленной на эффективное использование топливных и гидроэнергетических ресурсов, неравномерно распределенных по территории. Причем эксплуатация энергосистемы велась с учетом необходимости подачи воды из рек на цели орошения. Управление такой сложной системой требовало строгой координации служб водного хозяйства и энергетики. Со становлением независимых государств различные части этой интегрированной системы перешли к различным странам и стали использоваться в национальных интересах.

Вместе с тем мощности построенных на первом этапе теплоэлектростанций были небольшими, они не обеспечивали достаточной прибыли. Именно поэтому эта схема обмена электроэнергией, произведенной на гидроэлектростанциях, со стран верхнего течения странам нижнего течения в летний период на электроэнергию, произведенной на теплоэлектростанциях, в зимний период со стран нижнего течения имели сложности. Эффективность обмена электроэнергией между гидро- и теплоэлектростанциями может быть повышена, если обмен не будет происходить в периоды пика требований национальных систем энергоснабжения, т.е. обмен не повлияет на работу теплоэлектростанций, которые должны покрывать пики национального энергопотребления. Теплоэлектростанции, способные покрывать пики требований своих стран имеют возможность работать эффективно в другие периоды. В других условиях теплоэлектростанции могут поставлять электроэнергию, но по очень высокой предельной цене; примером является передача электроэнергии из Казахстана в Кыргызстан в зимний период 2014–2015 г.

Применение рыночных механизмов для улучшения эффективности работы систем энергоснабжения и водоснабжения сельского хозяйства сложно, поскольку требует согласования рынка электроэнергии и системы регулирования речного стока. Последняя более консервативна, и работает на основе межгосударственных соглашений и планов водопользования. Необходимость совместного рассмотрения водно-энергетических проблем заключается не только в том, что режим эксплуатации водохранилищ для обеспечения водой сельского хозяйства и выработки электроэнергии различен, но и в том, что накопление воды в водохранилище ведёт к увеличению потенциала выработки электроэнергии, а сработка водохранилища к сокращению этого потенциала, т. е. энергия накапливается в виде запасов воды в водохранилищах. Тем самым водохранилища являются не только частью водохозяйственной системы, но и энергетической. Поэтому, трансграничная природа

водных ресурсов крайне усложняет возможность перехода на рыночные механизмы не только в водном хозяйстве, но и на единый рынок электроэнергии. Вместе с тем несогласованность использования водных ресурсов ведёт к тому, что Кыргызстан использует только 13% потенциала и Таджикистан 6% потенциала выработки электроэнергии на гидроэлектростанциях, при этом эта самая дешёвая и экологически чистая электроэнергия.

Снабжение электричеством в отдельных странах зависит от различных видов ресурсов, в странах верхнего течения это сток рек, в нижних уголь или газ. Если сток рек требует накопления в зимний период для нужд орошения, то природный газ в дефиците в зимний период. Отсюда, вариация себестоимости электроэнергии в регионе и необходимость регулирования национальных систем энергоснабжения ещё один фактор, усложняющий создание регионального рынка электроэнергии.

В этих условиях страны региона сделали шаги в сторону энергонезависимости, как ключевой элемент обеспечения энергетической независимости; успешно усилив инфраструктуру передачи электроэнергии, что позволяет снабжать потребности в электроэнергии исключительно за счет собственных ресурсов. Так Кыргызстан начал строительство Камбаритинских водохранилищ выше Токтогульского, а страны нижнего течения уделяют особое внимание развитию теплоэнергетики, в сочетании с малой гидроэнергетикой, а планы на будущее после 2030 года за солнечной энергией.

Но, энергонезависимость на национальном уровне обходится дорого:

(1) каждая страна должна поддерживать теплоэлектростанции и гидроэлектростанции, которые могут быть использованы только в течение ограниченного периода времени года; (2) эксплуатировать гидротехнические сооружения и гидроресурсы в ирригационном режиме, но электричество выработанное в летний период трудно продать в летний период по хорошей цене соседним странам. Для преодоления финансовой нагрузки энергетической независимости национальные энергетические компании ведут поиск экспортных возможностей за пределами региона как наиболее выгодную экономическую опцию.

Достижение эффективного сезонного обмена электроэнергией между собой позволит обеспечивать взаимоподдержку в чрезвычайные периоды и гарантировать быстрый доступ к резервным мощностям. Даже в этих условиях, использование выгод единой системы позволяет минимизировать стоимость электроэнергии и выбросы парниковых газов и использовать экспортные возможности. Создание единого электроэнергетического рынка несомненно принесёт выгоды как на региональном, так и на страновом всем участникам рынка, если заранее будут согласованы вопросы совместного использования трансграничных водных ресурсов.

Региональное сотрудничество и двухстороннее сотрудничество

Страны региона наладили конструктивную кооперацию для управления природными ресурсами, в чём особую роль сыграли Межгосударственная комиссия по водному сотрудничеству (МКВК), Международный Фонд спасения Арала (МФСА) и Межгосударственная комиссия по устойчивому развитию (МКУР). Противоречия между сельским хозяйством и гидроэнергетикой решались путём компенсации странам верхнего течения в виде горючего топлива для работы их теплоэлектростанций или электроэнергией, выработанной в соседних странах. Однако страны региона столкнулись не только с разделением единой системы управления водными ресурсами, включая водохранилища, между собой, проявились противоречия между

гидроэнергетикой и сельским хозяйством, наблюдался ускоренный рост численности населения, и его потребности в воде для производства продуктов питания. Так, ожидается рост численности населения региона (без Афганистана) с 75.6 млн человек в 2021 до 100 млн человек к 2050 году. Эти движущие силы вносят дополнительную нагрузку на водные и топливные ресурсы и усиливают нехватку воды, энергии и продовольствия.

Нехватка-подход может содействовать странам определить пути перехода к низкоуглеродным системам энергетики, в то же время смягчить дефицит водных ресурсов. Ускоренный переход к энергии солнца и ветра в бассейне Сырдарьи может снизить зависимость производства электроэнергии к 2030 году на 25%, в сравнении со сценарием традиционного бизнеса. Увеличение эффективности использования водных и энергетических ресурсов позволит не только снизить дефицит воды, но и устойчивость к изменению климата.

Планирование путем нехватка-анализа может также усилить устойчивость населения, инфраструктуры и экосистем ЦА к негативному влиянию изменения климата и её изменчивости. Кооперация стран региона необходима из-за усиления водного и энергетического стресса, и снижения доступа к ресурсам. Кооперация вокруг управления водными ресурсами между богатыми водными ресурсами странами и странами богатыми горючими ископаемыми требует прогрессирующего политического взаимодействия стран региона.

В этих условиях для сближения позиций страны бассейна пошли по пути двухсторонних соглашений. Так Правительство Республики Узбекистан и Правительство Республики Кыргызстан в 2017 г. подписали соглашение о Межгосударственном использовании Орто-токойского (Касансайского) водохранилища в Ала-Букинском районе Джалал-Абадской области Кыргызской республики (www.lex.uz/3601296.pdf). По Соглашению Кыргызская сторона обеспечивает безопасность водохозяйственных сооружений, эксплуатирует, проводит техническое обслуживание и осуществляет попуски воды из Орто-Токойского (Касансайского) водохранилища в пределах согласованных сторонами лимитов, основанных на ныне действующих взаимно признанных документах и нормативных актах. Узбекская сторона принимает доленое участие в финансировании затрат по эксплуатации и техническому обслуживанию Орто-Токойского (Касансайского) водохранилища и другие согласованные действия пропорционально получаемому объему воды. К затратам какие-либо требования по уплате любых налогов и сборов не предъявляются.

В 2022 году было подписано Соглашения между Правительством Республики Узбекистан и Кабинетом Министров Кыргызской Республики о совместном управлении водными ресурсами Андижанского (Кемпирабадского) водохранилища (Бишкек, 3 ноября, 2022 года) (www.lex.uz/6302573.pdf). По Соглашению Правительство Узбекистана и Кыргызстана создают совместное предприятие для управления Кемпир-Абадским водохранилищем на границе двух стран. Договорено, что будет создано совместное предприятие с долями 50/50 и будет совместное управление плотиной водохранилища. Уровень воды в водохранилище будет снижен с 908 м до 900 м. Осушенные 1246 га перейдут на пользование фермерам Кыргызстана. Кроме того по соглашению территория воды Кемпир-Абадского водохранилища площадью 4485 га переходит Узбекистану, а Кыргызстан получает 19.7 тысячи гектаров. Этот путь двухсторонних соглашений создаёт основу для взаимопонимания, сотрудничества и

разработки всеобъемлющего соглашения для использования водно-энергетических ресурсов бассейна реки на благо всех народов, проживающих на этой территории.

Выводы

1. В бассейне р. Сырдарьи водно-энергетические проблемы требуют совместного рассмотрения, поскольку: вода нужна для орошения сельскохозяйственных культур и производства электроэнергии; водная система и энергосистема используют единую инфраструктуру для накопления ресурсов воды и энергии— водохранилища.
2. Неравномерность распределения водных ресурсов и топливных ресурсов по странам приводит к дефициту энергоресурсов в одних и водных ресурсов в других.
3. Будущее решение нексус-проблем в бассейне лежит через совместное согласованное деление затрат и выгод от использования водных ресурсов.

Практическое занятие проводится в виде семинара, на котором магистранты представляют и обсуждают своё видение решения нексус проблем в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи на перспективу.

Вопросы для составления рефератов по данной лекции и для обсуждения:

- 1) Какая современная практика совместного планирования водных и энергетических ресурсов на национальном уровне. Эффективна ли она. То же на региональном уровне.
- 2) Насколько планирование производства и использования энергии гармонизированы в Вашей стране с планированием водопользования в годовом и сезонном разрезе и экологическими нуждами
- 3) Какая организация ответственна за гармонизацию или её контроль на национальном уровне. Как ведётся эта гармонизация на национальном или субнациональном уровне
- 4) Какая организация ответственна за водообеспечение фермерских хозяйств или населения и как она связана с организацией ответственной за энергоснабжение
- 5) Какие полезные практики можете привести по гармонизации планирования водных и энергетических ресурсов, дайте примеры кооперации между секторами, например гидро или теплоэнергетикой и орошением.
- 6) Как Вы видите будущее нексуса воды, энергии и продовольствия в ЦА.
- 7) Приведите примеры хороших практик по кооперации среди стран ЦА.
- 8) Какие основные проблемы Соглашения 1998 г и что необходимо для того чтобы Соглашение заработало эффективно.

Литература

1. СОГЛАШЕНИЕ между Правительством Республики Казахстан, Правительством Кыргызской Республики и Правительством Республики Узбекистан об использовании водно-энергетических ресурсов бассейна реки Сырдарья (г. Бишкек. 17 марта 1998 года)
2. Взаимосвязь водных и энергетических ресурсов в Центральной Азии. Улучшение регионального сотрудничества в бассейне Сырдарьи. Всемирный Банк, 2004.

3. Духовный В.А., Сорокин А. Г., Зиганшина Д.Р. Регулирование водохранилищами в интегрированном управлении водными ресурсами на трансграничных реках Центральной Азии. www.cawater.info.
4. Соглашение между Правительством Республики Узбекистан и Правительством Республики Кыргызстан о Межгосударственном использовании Орто-токойского (Касансайского) водохранилища в Ала-Букинском районе Джалалабадской области Кыргызской Республики. Ташкент, 6 октября 2017 года.
5. Meyer K., Issakhojayev R., Kiktenko L., and A. Kushanova. Regional institutional arrangements advancing water, energy and food security in Central Asia Institutional gap analysis. IUCN, 2019.
6. О ратификации Соглашения между Правительством Республики Узбекистан и Кабинетом Министров Кыргызской Республики о совместном управлении водными ресурсами Андижанского (Кемпирабадского) водохранилища (Бишкек, 3 ноября, 2022 года). N ЗРУ-805. www.lex.uz/6302573.pdf.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СУЛЛАБУС КУРСА НЕКСУС ВОДЫ, ЭНЕРГИИ, ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ЭКОСИСТЕМ.

Курс рассчитан на 4 кредита по 30 часов занятий каждый. Основные особенности учебного плана курса Нексус ВЭПЭ заключаются в следующем

Целью освоения курса “Нексус ВЭПЭ” является формирование у будущих специалистов достаточных базовых знаний, навыков и умений в части методологии анализа, разработки и согласования компромиссных вариантов решений применительно к взаимосвязи вода, энергия, продовольствие и экосистем.

Задачами изучения курса «Нексус ВЭПЭ» является развитие у студентов нексус мышления и умения исследовать и решать сложные проблемы возникающие в результате взаимосвязи воды, энергии, продовольствия и экосистем с использованием этого метода мышления.

Студент должен: знать основные понятия и методы, изучаемые в курсе, методологию анализа, возможность её применения для решения сложных нексус-проблем воды, энергии, продовольствия и экосистем, разрабатывать сценарии решения проблем, планы перспективного использования указанных ресурсов и пути согласования с заинтересованными сторонами. **Уметь** качественно и количественно оценивать взаимосвязи между водой, энергией, продовольствием и экосистемами, оценивать тренды на будущее, составлять математические модели нексус задач, владеть методами нексус мышления, разрабатывать сценарии решения нексус проблем, работать в группах по развитию и выбору лучших сценариев, и согласованию компромиссных решений.

Место курса в структуре подготовки магистров по специальности “Комплексное использование и управление водными ресурсами”. Курс является выборной дисциплиной в структуре образовательной программы. **Компетенции** обучающихся, формируемые в результате освоения дисциплины. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность к самоорганизации и самообразованию
- сформированное нексус мышление
- способность использовать методологию нексус подхода в исследовательской и профессиональной деятельности.

Содержание курса и отведенные часы

Модули и лекции	Лекции	Семинары	С.работа	Общее
Модуль 1. Введение в курс. Рост численности населения земли и изменение климата				
1.1. Нексус воды-энергии-продовольствия-экосистем. Введение	2	2	4	
1.2. Рост численности населения и нексус воды, энергии, продовольствия и	2	2	4	

экосистем в Центральной Азии				
1.3. Изменение климата, ледники и водные ресурсы.	2	2	4	
1.4. Изменение климата в Центральной Азии	2	2	4	
Всего по модулю 1	8	8	16	32
Модуль 2. Нексус воды, энергии, продовольствия и экосистем. Основы				
2.1 Водный след выработки электроэнергии в гидроэнергетике. Ценность воды	2	2	4	
2.2. Количественное определение взаимосвязи вода-сельское хозяйство	2	2	4	
2.3. Водосбережение и продуктивность воды в сельском хозяйстве	2	2	4	
2.4. Экологический сток	2	2	4	
2.5. Выбросы парниковых газов от систем производства электроэнергии, работающих на ископаемом топливе	2	2	4	
Всего по модулю 2	10	10	20	40
Модуль 3. Методология нексус оценки				
3.1. Нексус ВЭПЭ в местном контексте	2	2	4	
3.2. Нексус оценка ВЭПЭ в планировании водных ресурсов	2	2	4	
3.3 Методология нексус оценки ВЭПЭ для трансграничного бассейна	4	4	8	
Всего по модулю 3	8	8	16	32
Модуль 4. Примеры устойчивых решений нексуса ВЭПЭ				
4.1. Опыт решения нексус проблем ВЭПЭ в странах аридного климата (Иран)	2	2	4	
4.2. Нексус проблемы ВЭПЭ в бассейне Аральского моря и пути их решения	2	2	4	
Всего по модулю 4	4	4	8	16
Всего	30	30	60	120

**"Сув, энергия, озик-овқат ва экотизимлар нексуси" ўқув қўлланмасига
(муаллиф А. Х. Каримов)**

ТАҚРИЗ

Экотизимларни барқарорлигини ва аҳолини қишлоқ хўжалиги озиқа маҳсулотлари билан таъминаш чекланган сув ва энергия ресурсларидан оқилона фойдаланишни талаб этади. Шу билан бирга иқлим ўзгариши, урбанизация, ва аҳоли сони ўсишини бу манбаларга таъсирини келажак башоратларида ҳисобга олишни тақазо қилади. Шу сабабли, сув, энергия, озик-овқат ва экотизимлар боғлиқликлари, бу боғлиқликларни салбий оқибатларини олдини олиш, ва уларнинг экотизимларга таъсирини назорат қилиш қонуниятлари ва механизмлари соҳасида ёш авлодга билим бериш долзарб бўлиб келмоқда. Тайёрланган "Сув, энергия, озик-овқат ва экотизимлар нексуси" мавзусидаги ўқув қўлланма шу мақсадга хизмат қилади.

Ўқув қўлланма 13 бўлимдан иборат. Биринчи тўртда бўлим сув, энергия ва озиқа муамолари, уларнинг боғлиқлигига сабабчи бўлган асосий омиларга бағишланган, улар аҳолини ўсиши ва иқлим ўзгариши. Кейинги тўртда бўлим бу ресурслар ва омилар орасида боғлиқликларни баҳолаш услубияти келтирилган. Сув ресурслари истемолини ва тежашни, экологик оқимни, ва иссиқхона газлари эмиссиясини баҳолаш услубияти бирин кетин келтирилган. Кейинги учта бўлим бу боғлиқликлар натижасида ҳосил бўладиган қарамақаршилликлар ечиш услубияти келтирилган. Охириги икки бўлимда нексус муносабатларга амалий мисоллар берилган.

Хар бир бўлим охирида, семинар дарсларида таҳлил қилиш саволар берилган ва адабиёт келтирилган. Бу эса марузалар даврда берилган билимни тўла ўзлаштириш ва мустаҳкамлаш учун имкон яратади. Ўқув қўлланма "Сув ресурсларидан мукамал фойдаланиш ва уларни бошқариш" мутахассислиги бўйича магистрантларни ўқитиш учун мўлжалланган.

- 1) Қўлланмада ривожланган мамлакатлар университетларида ва илмий тадқиқот институларида сув ва энергия боғлиқликлари соҳасидаги тажрибаси етарлиқча келтирилган ва таҳлил қилинган.
- 2) Орол денгизи хавзасида бу муамонинг келиб чиқиш сабаблари тўла ёритилган.

Тафсия:

Каримов А. Х. томонидан таёрланган, "Сув, энергетика, озик – овқат ва экотизимлар нексуси" ўқув қўлланмасини нашр этишни тавсия қиламан.

Миллий Тадқиқот Университети
Тошкент Ирригация ва Қишлоқ Хўжалигини
Механизациялаш Мухандислари Институти
Экология ва сув ресурсларини бошқариш каф.
Профессори, биология фанлари доктори



Б.Ш. Исмоилходжаев

"Сув, энергия, озик-овкат ва экотизимлар нексуси" ўқув қўлланмасига
(муаллиф А. Х. Каримов)

ТАҚРИЗ

Аҳолини озик-овкат билан таъминлаш ва экотизимларнинг барқарорлиги билан биргаликда, сув ва энергия манбаларидан фойдаланиш муаммолари долзарб бўлиб бормоқда. Аҳолининг ўсиши ва иқлим ўзгариши сув ва энергия ресурсларига бўлган эҳтиёжнинг ошишига олиб келмоқда, иқлим ўзгаришининг асосий натижаси эса музликлар ва қорлар эриши бўлиб, сув танқислигининг ошишига хисса қўшмоқда. Шунинг учун сув ва энергия ресурсларини тежаш "Ўзбекистон сув хўжалигини 2030 йилгача ривожлантириш концепсияси" ва "Ўзбекистон қишлоқ хўжалигини 2030 йилгача ривожлантириш стратегияси"да белгиланган мақсадларга эришишнинг асоси деб қаралмоқда. Шунинг учун "Сув, энергия, озик-овкат ва экотизимлар нексуси" магистрлик курси учун дарслик ёки ўқув қўлланма ишлаб чиқиш долзарбдир.

Тайёрланган ўқув қўлланма 13 бўлимни (маъруза) бирлаштирган 4 модулдан иборат. Биринчи модул кўриб чиқилаётган таянч ресурслар ва экотизимлар ўртасидаги ўзаро боғлиқликларга таъсир қилувчи омилларга бағишланган; иккинчи модул сув тежашни, экологик оқимни, иссиқхона газлари эмиссиясини ва гидроэнергетикада сув истемолини баҳолаш услубиятига бағишланган. Учинчи модулда маҳаллий ва трансчегаравий даражадаги нексус боғлиқларни баҳолаш методологияси келтирилган. Тўртинчи модулда нексус муносабатларга амалий мисоллар берилган.

Қўлланманинг ушбу тузилиши магистрантларга керакли билим асосларини тақдим этиш имконини беради ва ҳар бир бўлим охирида берилган адабиётлар фанни чуқурроқ ўрганиш учун шароит яратади. Ушбу ўқув қўлланма "Сув ресурсларидан мукамал фойдаланиш ва уларни бошқариш" мутахассислиги ва бошқа тегишли мутахассисликлар бўйича магистрантларни ўқитиш учун мўлжалланган.

Қўлланмада Марказий Осиё мамлакатларида аҳолининг ўсиши ва иқлим ўзгариши, ушбу минтақада сув-энергия ресурсларидан фойдаланиш, сувни тежаш, экологик оқимни баҳолаш, гидроэнергетикада сув истеъмоли масалалари батафсил ёритилган.

Изоҳ:

- 1) Ушбу қўлланмани рус тилида тайёрланганлиги, уни қўшни мамлакатларда

хам фойдаланиш учун имкон беради, шу билан биргаликда уни ўзбек тилида ҳам тайёрлаш жуда муҳимдир, чунки миллий кадрлар тайёрлашда қайт этилаётган мавзуда ўқув адабиётлари етишмаслиги қайт этилмокда.

Тафсия:

"Сув, энергетика, озик – овқат ва экотизимлар некуси" ўқув қўлланмани (муаллиф А.Х.Каримов) нашр этишни ва "сув ресурсларидан мукамал фойдаланиш ва уларни бошқариш" мутахассислиги бўйича магистрантлар учун тегишли курсни ўқишда фойдаланишни тавсия қиламан.

Мирзо Улугбек номидаги
Ўзбекистон Миллий Университети
Қуруқлик гидрологияси кафедраси
профессори, география фанлари доктори  проф. Ф.Х. Ҳикматов



Рецензия

на учебное пособие “Некрус воды, энергии, продовольствия и экосистем”

(автор А.Х. Каримов)

Водно-энергетические проблемы в регионе Центральной Азии усилились с начала 1990-х годов, когда сложившаяся в 1970-е годы система управления водными ресурсами, основной задачей которой было обеспечение водой сельского хозяйства столкнулась с необходимостью выделения водных ресурсов на развитие гидроэнергетики в странах верхнего течения. Ограниченность водных ресурсов, особенно в бассейне Аральского моря, привела к конкуренции за водные ресурсы между этими отраслями экономики, а также экологическими потребностями. Рост численности населения и изменение климата ещё больше усилили эту конкуренцию и привели к необходимости включения нового курса “Некрус воды, энергии, продовольствия и экосистем” в подготовку кадров по специальности “Комплексное использование и управление водными ресурсами” и смежных специальностей.

Подготовленное учебное пособие состоит из 13 разделов (лекций), которые вначале освещают проблемы роста численности населения и изменения климата на глобальном уровне и на уровне стран Центрально-Азиатского региона. Затем преподносятся инструменты оценки взаимосвязей, такие как расчёт потребности в воде (водный след) в гидроэнергетике, излагается современная постановка оценки водосбережения и экологического стока. Приводится методика расчёта парниковых газов в энергетике. Затем даётся методология некрус-оценки на местном и трансграничном уровне, подкреплённая примерами. Каждый раздел подкрепляется практическими примерами и вопросами для самостоятельного изучения и обсуждения на семинарских занятиях. К каждому разделу приведена литература, изучение которой позволит магистрантам глубоко освоить рассматриваемые проблемы и методы их решения.

В пособии широко использованы современные подходы к вопросам водосбережения, оценки экологического стока и оценки парниковых газов. Замечание:

- 1) В учебном пособии необходимо дать специальный раздел по водно-энергетической проблеме в бассейнах рек Сырдарья и Амударья.

Рекомендую издание учебного пособия “Некисе воды, энергии, продовольствия и экосистем” (автор – А.Х. Каримов) для издания с последующим чтением соответствующего курса для магистрантов по специальности “Комплексное использование и управление водными ресурсами”.

Технический директор,

Научно-исследовательская организация

ООО УЗГИП



У.В. Абдуллаев

Тошкент ирригация ва кишлок хўжалигини механизациялаш мухандислари институти Экология ва сув ресурсларини бошқариш кафедраси аъзолари мажлисининг 2022-2023 ўқув йилидаги

16/1 -сонли МАЖЛИС БАЁНИДАН КЎЧИРМА

2023 йил 11 апрел

Тошкент

Қатнашдилар: кафедра мудири, техника соҳаси буйича фалсафа доктори А.Хомидов, фан докторлари профессорлар Н.Эгамбердиев, Б.Исмоилхўжаев, Б.Каримов, М.Радкевич, доцентлар А.Каримов, Х.Назаров, М.Абдукодирова, техника соҳаси буйича фалсафа докторлари К.Шипилова, Р.Разоқов, катта ўқитувчилар С.Маматов, докторант ва асиссентлар Ж.Миркабулов, Б.Насибов, Ш.Шоэргашева ва кафедранинг бошқа ходимлари.

КУН ТАРТИБИ

2. Кафедра доценти А. Каримовнинг "Некбус воды, энергии, продовольствия и экосистем" ўқув қўлланмасини нашр этишга тафсия қилишни кўриб чиқиш.

2.1 ТИҚХММИ-МТУ "Экология ва сув ресурсларини бошқариш кафедраси доценти техника фанлари номзоди А. Каримов томонидан тайёрланган "Некбус воды, энергии, продовольствия и экосистем" фанидан магистрларга мўлжалланган ўқув услубий қўлланмани чоп этишга тавсия этиш.

2. ЭШИТИЛДИ

Раис: Хомидов А.- ТИҚХММИ-МТУ "Экология ва сув ресурсларини бошқариш кафедраси доценти, техника фанлари номзоди А. Каримов томонидан тайёрланган "Некбус воды, энергии, продовольствия и экосистем" фанидан магистрларга мўлжалланган ўқув услубий қўлланмани чоп этишга тавсия этиш мурожаат қилинганлиги, бу қўлланма режа буйича 2023 йил апрел ойида бажарилиши белгиланган. Кафедра аъзоларидан ушбу масала буйича фикр мулохазалар билдиришни сўради.

Сўзга чиқди: – кафедра профессори, биология фанлари доктори Б. Исмоилходжаев қуйидаги фикрларни билдирди:

Ушбу ўқув қўлланма Тошкент ирригация ва кишлок хўжалигини механизациялаш мухандислари институти-миллий тадқиқот университети профессори, техника фанлари номзоди А. Каримов томонидан ишлаб чиқилган ва 70812307 – "Сув ресурсларидан мукамал фойдаланиш ва бошқариш" магистратура мутахассислигининг тегишли ихтисосликлари буйича бўлажак мутахассисларга мўлжалланган.

Аҳоли сони ва иқлим ўзгариши ошиб борар экан, бу омилар ресурсларнинг камайишига олиб келади. Ресурслар камайиб бориш даврида Сув, энергия, озика ва экотизимлар боғлиқликлари кучаяди ва бу аҳолини сув, энергия ва озика билан таъминлашда танкисликлар хосил бўлишига сабаб бўлади. Охириги йилларда бу карамакаршилиқлар Орол денгизи, Сирдарё ва Амударё хавзаларида кучайгани бу муамонинг илмий ва амалий ечимларини ёш авлодга етказиш ахамияти долзарб бўлиб қолди.

Бугунки кунда, Ўзбекистонда, кишлок хўжалигида, 50% суғорма ерларда, суғоришни таъминлаш учун насос ёрдамида олиб борилади, бу эса 8 млрд соат электроэнергия сарфи билан боғлиқ. Дарёлар оқимининг 90% суғоришга берилиши, энергетикада ишлаб чиқилган электроэнергия ва электроэнергияга бўлган талаб орасида етишмовчилликнинг сабабларидан бири бўлиб қолди. Электроэнергия етишмаслиги эса аҳолини кишлок хўжалиги махсулотлари билан таъминлашда муаммолар сабабчиси бўлиши мумкин.

Мазкур ўқув қўлланма 13 та мавзу асосида юқорида келтирилган ҳолатларни ҳисобга олган ҳолда ““Нексус воды, энергии, продовольствия и экосистем” фанининг асосий мақсади ва вазифаларидан келиб чиқиб, табиатнинг ноёб бойликлари бўлган сув, энергия, озика ва экотизимлар боғлиқликларини ўрганиш, сув ва энергия манбаларини тежаш, экологик оқимни таъминлаш, энергетикада иссиқхона газларини баҳолаш, нексус муаммоларини ечиш методологиясини

Мазкур ўқув қўлланмадан фойдаланиб, карамакаршилликлар келиб чиқиш сабаблари, энергетикани сувга бўлган талабини ва суғорма дехқончилликни энергияга бўлган талабини ҳисоблаш, кишлок хўжалигида ва энергетикада карбонат газ эмиссиясини баҳолаш, нексус (карамакаршилиқлар) муаммоларини ечиш методологиясини маҳаллий ва трансгегаравий даражада ўрганишда бакалавр ва магистрларга услубий ёрдам бериш мақсадида ёзилган.

Ушбу ўқув қўлланмада асосий эътибор “Сув, энергия, озика ва экотизимлар нексуси” фанининг асосий мавзуларини ўрганишда, халқаро ва давлатлараро манбалардан фойдаланишда бўлажак мутахассисларга яқиндан ёрдам беради.

Услубий қўлланмада ““Нексус воды, энергии, продовольствия и экосистем” фанини ўрганиш бўйича амалий мисолар ва услубий тавсиялар, таклифлар берилганки, бўлажак мутахассисларининг тасаввур, билим, кўникмаларига қўйиладиган талаблар, сув, энергетика, озика ва экотизимлар карамакаршилигини бошқариш методологияси, халқаро ва давлатлараро норматив ҳуқуқий ҳужжатлар ва миллий қонунлар ва режалаштирилган стратегияларни мазмун ва моҳиятини тушуниш, улардан фойдаланиш ва уларни ҳаётга тадбиқ этиш борасидаги малака ва кўникмаларни шакллантиришга ёрдам беради деб ҳисоблайман.

Мазкур ўқув қўлланма қўйилган талабларга жавоб беради ва уни чоп этишга тавсия этиш мумкинлигини таъкидлади.

Сўзга чиқдилар: биология фанлари доктори, проф. Б. Каримов сўзга чиқиб, таклифни маъқуллади.

Раис: А.Хомидов мазкур ўқув қўлланмага Ўзбекистон Миллий Университети профессори Ф. Хикматов, УзГИП техник директори А.В. Абдуллаевлар томонидан ташқи ижобий тақриз берганлигини айтиб, иш бўйича саволлар, таклифлар борми?-деб сўради.

-Йўқ.

Шундан сўнг мазкур ўқув-услугий қўлланмани чоп этишга тавсия этилсин деган таклифни муҳокамага қўйилди ва ушбу ўқув қўлланмани чоп этишга тавсия этиш юзасидан

-қаршилар ,бетарафлар-йўқ,

рахмат бир овоздан тавсия этилди.

3.ҚАРОР ҚИЛАДИ:

1. ТИҚҲММИ-МТУ “Экология ва сув ресурсларини бошқариш кафедраси доценти, техника фанлари номзоди А. Каримов томонидан тайёрланган “Некрус воды, энергии, продовольствия и экосистем” фанидан магистрларга мўлжалланган ўқув қўлланмани университет нашриётида чоп этишга тавсия этилсин.

2. Мазкур ўқув қўлланмани университет нашриётида чоп қилишга тавсия этиш Экология ва ҳуқуқ факультети Илмий- услубий кенгашидан сўралсин.

Раис



А.Хомидов

Котиба



К.Шипилова

**“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаштириш
муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети
Экология ва ҳуқуқ факультети
“Методик кенгаши мажлисининг 1-сонли мажлис баённомаси**

2023 йил 17 апрел

Тошкент шаҳри

Қатнашдилар: кенгаш раиси ю.ф.н, доцент Х. Назаров, профессорлар Н.Б.Эгамбердиев, Саматова Б.Р., М.В. Радкевич, т.ф.буйича ф.д., доцент М. Абдуқодирова, ф.ф.д. доцентлар Б.А.Мадаминова, Т.Я.Алимухамедова, , т.ф.буйича ф.д. катта ўқитувчи Р.Раззоқов , катта ўқитувчи Н.Х.Хўжакулова, ассистент Ч.Йўлдашева (котиба).

КУН ТАРТИБИ:

1. 2022-2023 ўқув йили учун “Экология ва ҳуқуқ” факультети Илмий-методик Кенгашининг иш режаси муҳокамаси ва тасдиқлаш;
2. “Экология ва Сув ресурсларини бошқариш” кафедраси доценти, техника фанлари номзоди А. Каримов томонидан тайёрланган “Нексус воды, энергии, продовольствия и экосистем” ўқув қўлланмасининг муҳокамаси.

СЎЗГА ЧИҚДИЛАР:

2. : Кенгаш раиси ю.ф.н, доцент Х. Назаров, “Экология ва Сув ресурсларини бошқариш” кафедраси доценти, кафедраси доценти, техника фанлари номзоди А. Каримов томонидан тайёрланган “Нексус воды, энергии, продовольствия и экосистем” ўқув қўлланмаси муҳокама учун тақдим этилгани, мазкур қўлланмага икки ташқи ва бир ички тақризлар мавжудлиги, “Экология ва Сув ресурсларини бошқариш” кафедрасида муҳокама натижасида нашр этишга тавсия этилганлигини маълум қилди ва мазкур масала юзасидан фикр билдиришни сўради.

Проф. М.В.Радкевич: “Нексус воды, энергии, продовольствия и экосистем” номли ўқув қўлланмаси олий таълим давлат стандарти асосида, амалдаги ўқув режага мувофиқ тайёрланган бўлиб, барча мутахассисликлар бўйича бакалаврият ва магистратура талабалари ҳамда фалсафа фанининг замонавий муаммолари билан кизиқувчиларга мўлжалланган. Ўқув қўлланмада ҳар бир мавзу бўйича маъруза матни, назорат саволлари, мустақил таълим мавзулари, тест саволлари, глоссарий, фойдаланилган адабиётлар рўйхати мавжудлигини таъкидлаб, “Экология ва Сув ресурсларини бошқариш” кафедраси қарорини мақуллашни таклиф этди.

Проф Н.Б. Эгамбердиев: А.Х. Каримовнинг “Экология ва Сув ресурсларини бошқариш” номли ўқув қўлланмаси Юрисприденция йўналиши бўйича бакалаврият босқичида таълим олаётган талабаларга мўлжалланганлигини, ундан барча шу соҳа билан шуғулланувчилар ва кизиқувчилар, тадқиқотчилар, талабалар ҳам фойдаланиши мумкинлигини,

Ўқув қўлланмага ижобий ташқи ва ички тақризлар тақдим этилганлигини, мутахассислар томонида нашр этишга тавсия этилгани таъкидлади. Бу ишда маъруза ва семинар дарсларига ҳозирги кунда қўйиладиган барча талаблар инобатга олинганлигини, мустақил иш саволлари, тестлар аниқ ва мавзуга монанд килиб тузилганлигини, адабиётлар ҳам янги ҳамда диншуносликни ўқитиш бўйича тўпланган тажрибани ҳисобга олган ҳолда тайёрланганлигини, мазкур иш ўқув қўлланмага қўйиладиган барча талабларга жавоб беришлини алоҳида қайд қилиб, юқоридаги фикрларга қўшилишини ва ўқув қўлланмани нашр этишни маъқуллади.

Мазкур масала атрофлича муҳокама қилиниб

ҚАРОР ҚИЛИНДИ:

1. “Экология ва Сув ресурсларини бошқариш” кафедраси доценти, кафедраси доценти, техника фанлари номзоди А. Каримов томонидан тайёрланган “Нексус воды, энергии, продовольствия и экосистем” ўқув қўлланмаси нашрга тавсия этилсин.

2. Экология ва ҳуқуқ факултети Методик кенгаши қарори кўриб чиқиш учун университет Методик кенгашига тақдим этилсин ва нашрга рухсат бериш сўралсин

Мажлис раиси



доц.Х.Назаров

Котиб



Ч.Йулдошева

Региональный проект USAID по водным ресурсам и окружающей среде
050051, г. Алматы, Казахстан
Проспект Достык 210Б, БЦ Коктем Гранд, 6 этаж, офис #4
[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 позицию USAID или Правительства США.