



УДК 504.056

**Абулгаирова Алсу Булатовна,**

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

**Малкова Мария Александровна,**

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

## **ПРОБЛЕМА ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ГЭС**

**Аннотация:** Выбросы парниковых газов (ПГ) являются глобальной климатической проблемой. В статье представлен анализ углеродной нейтральности гидроэнергетики. Выявлено, что гидроэнергетика может потребовать крупные первоначальные инвестиции для постройки гидроэлектростанции, но она обладает рядом долгосрочных преимуществ, так как не только обеспечивает постоянно возобновляемые источники энергии, но и помогает в поддержании окружающей среды.

**Ключевые слова:** климат, парниковые газы, гидроэлектростанция, возобновляемый источник, сокращение выбросов парниковых газов

Изменение климата представляет собой глобальную проблему, выходящую за пределы национальных границ. Она требует принятия скоординированных решений на всех уровнях осуществления международного сотрудничества для того, чтобы помочь странам перейти к низкоуглеродной экономике [1,2,3].

В целях борьбы с изменением климата и его негативными последствиями 197 стран приняли Парижское соглашение на Конференции Организации Объединенных Наций по изменению климата в Париже 12 декабря 2015 года. Соглашение направлено на существенное сокращение глобальных выбросов парниковых газов и ограничение повышения глобальной температуры в этом столетии до 2 градусов Цельсия при одновременном поиске средств для большего ограничения этого повышения до 1,5 градуса.



Парижское соглашение стало началом перехода к низкоуглеродному миру. Осуществление Соглашения имеет важное значение для достижения целей в области устойчивого развития. Оно представляет собой «дорожную карту» действий, связанных с изменением климата, которые позволят сократить выбросы и повысить устойчивость к изменению климата. [4].

Гидроэнергетика в настоящее время является ведущим возобновляемым источником энергии, на долю которой приходится две трети мирового производства электроэнергии из всех возобновляемых источников вместе взятых [5]. От показателей выработанной электроэнергии на ГЭС зависят объемы выработки тепловых электростанций, что ежегодно предотвращает сжигание больших объемов органического топлива (около 60 млн тонн условного топлива) и выброс в атмосферу существенного количества парниковых газов и загрязняющих веществ. Из всех возобновляемых источников гидроэнергия наиболее широко используется во всем мире.

Однако строительство крупных гидроэлектростанций (ГЭС) существенно влияет на природную среду в местах их размещения: затапливаются большие территории, наземные биоценозы сменяются водными, изменяется водный режим рек [6]. По этим и иным причинам отношение экологических организаций к крупной гидроэнергетике всегда было скорее негативным. В последние годы у критиков ГЭС появился новый аргумент: углеродная нейтральность гидроэнергетики поставлена под сомнение.

Согласно исследованиям [7], водохранилища ГЭС выбрасывают в окружающую среду большие объемы углекислого газа и метана, который считается более опасным парниковым газом в сравнении с  $\text{CO}_2$  [7].

На сегодняшний день вклад  $\text{CO}_2$  в парниковый эффект составляет более 60%, на метан приходится около 20% и примерно 20% на другие парниковые газы [8]. Но при этом молекула  $\text{CH}_4$  в десятки раз эффективнее поглощает инфракрасное излучение, чем молекула  $\text{CO}_2$ . Главенствующая роль углекислого газа достигается только тем, что количество молекул  $\text{CO}_2$  в атмосфере



примерно в 200 раз больше, чем метана. Однако концентрация  $\text{CH}_4$  в индустриальную эпоху росла гораздо быстрее концентрации  $\text{CO}_2$ , очевидно, что при сохранении существующей тенденции уже в недалеком будущем вклад метана в усиление парникового эффекта будет еще более весомым (рис.1)



Рисунок 1 – Уровень метана в атмосфере

Каждый процент прироста содержания метана в атмосфере вызывает в приблизительно 25 раз больший эффект, чем 1% прироста  $\text{CO}_2$ . Считается, что регулирование избыточного парникового эффекта наиболее целесообразно за счет метана.

Эмиссия  $\text{CH}_4$  является более чем на 60% антропогенной [9]. Этот факт предопределяет высокую доступность для его контроля по сравнению с природными источниками  $\text{CO}_2$ . Кроме того, полный цикл пребывания молекулы метана в атмосфере (8-12 лет) во много раз короче аналогичного для молекулы углекислого газа. Это свидетельствует о том, что результатов регулирования не придется ждать десятилетиями.

Основными источниками поступления метана в атмосферу (около 60% общей эмиссии) являются водоемы (болота, озера и т.д.), крупный рогатый скот и рисовые поля. Наиболее сложным из источников для контроля и теоретического описания метанового цикла являются водоемы. Образование метана в основном происходит в донных осадках водоемов, его дальнейшая эмиссия в атмосферу осуществляется тремя путями: посредством молекулярной диффузии, пузырьками



и через растения. Так как наряду с эмиссией в водоемах существует потребление метана метанотрофными бактериями, то для его результирующего выделения в атмосферу важен механизм транспорта в водной среде. [9].

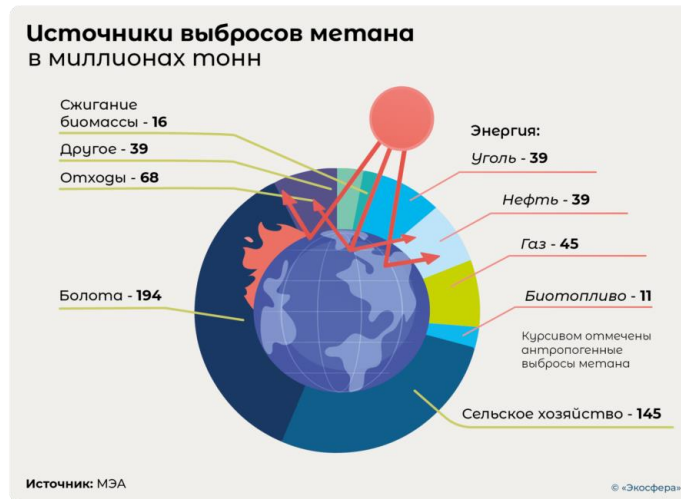


Рисунок 2 – Источники выбросов метана

В исследовании [7] приводятся сведения, свидетельствующие о том, что более 100 водохранилищ из 1500, которые были исследованы и на которые приходится половина мировой гидроэнергетики, сегодня имеют «углеродные следы», равные тем, которые оставляет ископаемое топливо, или даже превосходящие их [7].

В водохранилищах одновременно идут два противоположных процесса: выделение углекислого газа и метана в атмосферу при разложении органического вещества и захоронение углерода (как принесенного рекой, так и поглощенного живыми организмами водохранилища) в донных отложениях. Масштабы и интенсивность этих процессов сильно зависят от местных условий - температуры и состава поступающей в водохранилище воды (ее мутности и загрязненности соединениями фосфора) [6].

Все процессы, о которых рассказано выше, происходят и в природных озерах. Но у водохранилищ имеется специфика, связанная с первоначальным периодом их существования. Когда водохранилище заполняется, оно затопливает большие объемы органического вещества, содержащегося в почвах



и растительности (в том числе в невырубленном лесе). Часть этой органики разлагается (аэробно и анаэробно), часть навсегда консервируется на дне водохранилища. Поэтому в первые годы после заполнения водохранилище всегда дает всплеск выбросов парниковых газов, интенсивность которого зависит от количества затопленной органики, температуры и иных факторов [6]. Но этот процесс носит временный характер: как правило, основные этапы переработки затопленного органического вещества завершаются в течение первых двух десятилетий существования водохранилища.

Во многих исследованиях, посвященных выбросу парниковых газов с поверхности водохранилищ, описывается только один процесс - собственно выделение углекислого газа и метана - и игнорируются процессы, приводящие к поглощению и захоронению углерода. Вероятно, это связано с простотой методологии: выделение парниковых газов достаточно просто измерить, однако количественная оценка процессов поглощения углерода требует существенно более сложных и дорогостоящих работ. Но такие односторонние исследования трудно назвать корректными. Также для полной корректности исследований необходимо проследить за тем, что происходит с органическим веществом, которое переносится рекой в естественных условиях и узнать какая часть органического вещества в конечном итоге в природе разрушается и превращается в углекислый газ и метан. Нет необходимости учета выбросов с поверхности водохранилищ, поскольку они в любом случае окажутся в атмосфере — есть ли водохранилище или его нет.

В исследовании [7] изучен баланс парниковых газов в водохранилищах России. Выявлено, что в переводе на эквивалент углекислого газа водохранилища гидроэлектростанций нашей страны ежегодно выбрасывают 4,65 млн. тонн парниковых газов, в том числе 3,52 млн. тонн метана и 1,13 млн. тонн  $\text{CO}_2$ . При этом в донных отложениях ежегодно захоранивается 5,21 млн. тонн парниковых газов. Таким образом, водохранилища ГЭС России не только не выбрасывают парниковые газы, но даже поглощают их в объеме 0,56 млн. тонн в год.



Причина таких результатов заключается в том, что большинство водохранилищ России находятся в относительно холодных природных зонах. В результате в них поступает и образуется недостаточное количество органического вещества, а микробиологические процессы замедленны. Большинство российских водохранилищ были заполнены более 20 лет назад, и процессы разложения затопленной органики в них в основном завершились.

Однако это не означает, что водохранилища не могут генерировать значительных выбросов парниковых газов. Такое вполне возможно в подходящих условиях, что отмечают и эксперты, проводившие исследования EDF. Причинами этому могут служить: тропический климат, высокая загрязненность воды, большие объемы затопляемого при создании водохранилища органического вещества.

Таким образом, эмиссию парниковых газов с поверхности водохранилища необходимо учитывать при проектировании новых ГЭС, особенно в тропических районах. Уменьшить масштабы этого явления можно и нужно за счет предотвращения загрязнения воды стоками (особенно содержащими фосфор), а также максимально возможной очисткой ложа водохранилища перед затоплением от растительности, в первую очередь от леса. Стоит отдавать предпочтение ГЭС с компактными водохранилищами (как правило, расположенными в горах).

Проблема выбросов парниковых газов не актуальна для ГЭС, построенных по деривационной схеме: там напор на турбинах создается не плотиной, а при помощи тоннелей или каналов. Минимизация площадей затопления, широкое использование деривационной схемы - именно эти проектные решения очевидные тренды современной гидроэнергетики.

Проблема выбросов парниковых газов с поверхности водохранилищ действительно существует, однако ее масштабы часто преувеличиваются. Необходима обязательная оценка захоронения углерода в донных отложениях. Каждый случай требует индивидуальный подход, учитывающий особенности





конкретного водохранилища. В целом нет оснований для лишения гидроэнергетики статуса безуглеродной генерации, хотя в отношении отдельных проектов этот вопрос может подниматься, следствием чего станет изменение проектных решений либо отказ от строительства станции.

Уникальные преимущества ГЭС - использование возобновляемого источника энергии, низкая себестоимость производимого электричества, высокая маневренность, практически неограниченный срок службы, возможность комплексного использования водохранилищ в целях водоснабжения, орошения, защиты от наводнений и т. п. - ведут к тому, что развитие гидроэнергетики в мире продолжится. По прогнозам Международного энергетического агентства, к 2040 году мощности ГЭС могут вырасти примерно на 80% [6].

Следует предположить, что ГЭС является одним из самых экологически чистых и возобновляемых источников энергии, не загрязняет воду, не снижает ее количество на земле [10]. Гидроэлектростанции используют течение и падение воды для дальнейшей ее обработки путем откачки воды, чтобы генерировать энергию. Кроме того, естественный гидрологический цикл питается от Солнца, обеспечивая постоянную подачу воды в ГЭС



Рисунок 3 – Принцип работы ГЭС

ГЭС в отличие от ТЭС не требуют топлива для выработки электроэнергии, что является результатом сохранения природных ресурсов, таких как уголь и



другие ископаемые топлива, не являющиеся возобновляемыми и находящиеся под угрозой истощения. Гидроэнергетика является чистым и возобновляемым источником энергии, не вмешивающимся в экосистему.

Сравнение гидроэлектростанции с электростанцией, работающей на газу, угле и нефти позволяет сделать выводы, что гидроэлектростанция генерирует электричество практически без или с очень малым выбросом парниковых газов. Чем меньше выбросов парниковых газов, тем меньше шансов загрязнения окружающей среды и изменения климата. Таким образом, предотвращение снижения выбросов парниковых газов, таких как углекислый газ, будет способствовать гидроэнергетике в борьбе с глобальным потеплением.

В то время как ископаемое топливо и тепловые электростанции полагаются на имеющиеся природные источники, которые стремительно заканчиваются, гидроэлектростанции с постоянной подачей возобновляемых ресурсов (воды) и средней продолжительностью жизни около 100 лет являются долгосрочными инвестициями, продолжающими обеспечивать электроэнергией будущие поколения. Кроме того, можно контролировать производство электроэнергии через поток воды в соответствии с человеческими потребностями и требованиями.

Гидроэнергетика может потребовать крупные первоначальные инвестиции для постройки гидроэлектростанции, но она обладает рядом долгосрочных преимуществ, так как не только обеспечивает постоянно возобновляемые источники энергии, но и помогает в поддержании окружающей среды.

#### *Список литературы:*

1. Организация объединенных наций: официальный сайт.- URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement>( дата обращения: 22.11.2022)
2. Умнов, В.А., Коробова, О.С., Скрыбина, А.А. Углеродный след как показатель воздействия экономики на климатическую систему / Вестник РГГУ. Серия «Экономика. Управление. Право» – 2020 – № 2 – С. 85–93.





3. Смирнов, Б.М., Сон, Э.Е. Роль углекислого газа в тепловом балансе земли роль углекислого газа в тепловом балансе земли
4. Макаров, И.А., Степанов, И.А. Парижское соглашение по климату: влияние на мировую энергетику и вызовы для России / Актуальные проблемы Европы. – 2018 – №1 – С. 77–97.
5. Малинин Н.К, Матвиенко Н.И., Васьков А.Г., Кунакин Д.Н. Учебно-научно-исследовательская лаборатория кафедры "Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии"/ Гидротехническое строительство: ежемесячный научно-технический журнал / учредители: Министерство энергетики РФ [и др.]. - Москва: Энергопрогресс, 1930-1941, 1943-. - 29 см.; ISSN 0016-9714.
6. Игорь Ваулин. Гидроэнергетика подтверждает статус безуглеродной // Игорь Ваулин // Атомный эксперт. – 2020. № 1–2 (79). – С. 110-113.
7. Ilissa B. Ocko, Steven P. Hamburg. Climate Impacts of Hydropower: Enormous Differences among Facilities and over Time/ Ilissa B. Ocko, Steven P. Hamburg // Environmental Defense Fund – 2019, 53, 23, 14070–14082.
8. Елистратов В.В., Масликов В.И., Сидоренко Г.И., Молодцов Д.В. Выбросы парниковых газов с водохранилищ ГЭС: анализ опыта исследований и организация проведения экспериментов в России / Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2014. № 11(151). – С. 146-159.
9. Киселев, А.А., Кароль, И.Л. С метаном по жизни / Санкт-Петербург: Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова. – 2019 – С.73
10. In.Future.ru - новости науки и техники.URL: <https://infuture.ru/> (дата обращения:03.12.2022)