|  |  |
| --- | --- |
| Приложение № 1  к договору № \_\_\_\_ \_\_\_ от 20\_\_\_\_ г. | |
|  | **УТВЕРЖДАЮ**  Директор  ООО «ЕвроСибЭнерго – Гидрогенерация»  С. В. Кузнецов  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (подпись)  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 202\_\_\_\_ г. |

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

на выполнение научно-исследовательской работы:

**Адаптация режимов работы ГЭС ООО «ЕвроСибЭнерго-Гидрогенерация» к климатическим изменениям**

| **Перечень основных данных и требований** | **Содержание основных данных и требований** |
| --- | --- |
| 1. Наименование работы | Адаптация режимов работы ГЭС ООО «ЕвроСибЭнерго – Гидрогенерация» к климатическим изменениям |
| 1. Заказчик | ООО «ЕвроСибЭнерго – Гидрогенерация» |
| 1. Исполнитель |  |
| 1. Сведения о потребности | Более 50 % электроэнергии в ОЭС Сибири производится на ГЭС, в том числе более 20 % (или около 44,5 ГВтч в 2019 г.) на Иркутской, Братской и Усть-Илимской ГЭС, находящихся под управлением ООО «ЕвроСибЭнерго – Гидрогенерация» (далее Компания). Эти станции расположены на р. Ангаре, и объём производства электроэнергии на них непосредственно зависит от объема стока воды по этой реке.  Значительная доля водосбора р. Ангары относится к бассейну озера Байкал. Так, приток к створу Иркутской ГЭС практически полностью зависит от притока воды в Байкал, поскольку Ангара от истока до плотины Иркутской ГЭС не принимает значимых притоков. К створам Братской и Усть-Илимской ГЭС порядка 60 % стока Ангары формируется в бассейне Байкала. В свою очередь, более 80 % приходной части водного баланса озера составляет приток по впадающим в Байкал рекам. Около 70 % от этой величины поступает по трём основным притокам – рр. Селенге, Верхней Ангаре и Баргузину.  На территории водосборного бассейна р. Ангары и оз. Байкал темпы роста среднегодовой температуры существенно превышают аналогичный показатель в среднем по миру. Так, среднегодовая глобальная температура воздуха за период наблюдений увеличилась на 0,72 °С, тогда как, например, на монгольской части бассейна Байкала только за 1940-2007 гг. среднегодовая температура воздуха повысилась на 2,4 °С.  Глобальное потепление климата и процессы, с ним связанные, неизбежно влияют на параметры стока рек.  Прогнозные расчёты на модели формирования речного стока для бассейна р. Селенги (разработанной в ИВП РАН), выполненные для различных сценариев эмиссии парниковых газов по данным ансамбля глобальных климатических моделей, показали возможное сокращение величины годового стока р. Селенги к концу XXI века. При этом для самого неблагоприятного сценария снижение годового объёма стока относительно нормы составило около 30 %.  Таким образом, в течение XXI века суммарный речной приток в оз. Байкал может существенно сократиться, что неизбежно скажется на объёмах выработки электроэнергии на ГЭС, расположенных на р. Ангаре.  Также, одним из последствий глобального изменения климата является повышение частоты опасных атмосферных явлений. Этим может быть обусловлено повышение внутригодовой изменчивости стока рек и изменение характеристик экстремальных паводков.  В рамках настоящей работы предлагается оценить возможные изменения основных энергетических показателей ГЭС Компании вследствие климатически обусловленных изменений стока р. Ангары по различным сценариям на перспективу до 2030, 2050 и 2099 гг.  Также предлагается рассмотреть возможности адаптации водных режимов водохранилищ к изменениям климата для повышения энергетических показателей ГЭС в различных сценариях на различные горизонты планирования, а также для обеспечения безопасного пропуска экстремальных паводков.  Результаты настоящей работы будут использованы при планировании деятельности Компании на средне- и долгосрочную перспективу. |
| 1. Цель работы | * 1. Определение климатообусловленных рисков и разработка предложений по адаптации к изменениям климата для Иркутской, Братской, Усть-Илимской ГЭС.   2. Количественная оценка изменений основных водноэнергетических показателей Иркутской, Братской, Усть-Илимской ГЭС, обусловленных возможными климатическими изменениями.   3. Адаптация диспетчерских графиков водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада (Иркутского, Братского, Усть-Илимского) к климатическим изменениям. |
| 1. Основные задачи и состав работ | Работа выполняется в 5 этапов.  Этап 1   * 1. Анализ мирового опыта адаптации ГЭС к изменениям климата.   2. Характеристика современных изменений климата и климатообусловленных рисков для бассейна р. Ангары и оз. Байкал по данным наблюдений, включая анализ трендов опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений.   3. Анализ прогнозов изменения температуры, осадков и засушливости по данным региональной модели для российской части региона исследований.   4. Анализ прогнозов изменений климата по данным ансамблей глобальных моделей циркуляции атмосферы и океана для всего региона исследований.   5. Анализ сценариев изменения концентрации парниковых газов в атмосфере. Выбор сценариев для моделирования.   6. Разработка региональных физико-математических моделей формирования стока на водосборах Иркутского, Братского, Усть-Илимского водохранилищ.   Этап 2   * 1. Подведение итогов и описание последствий трендов и прогнозов изменения климата в соответствии с пп. 6.2-6.5 для исследуемой территории.   2. Выбор оптимальных моделей циркуляции атмосферы и океана для гидрологического моделирования.   3. Калибровка параметров и испытания моделей формирования стока. Оценка эффективности результатов моделирования.   4. Моделирование и анализ результатов будущих гидрологических последствий изменения климата. Определение возможных изменений годового, сезонного и максимального стока рек.   5. Определение основных гидрологических характеристик, уточнение расчетных максимальных расходов воды и моделей гидрографов половодий и паводков нормативной вероятностью превышения для реки Ангары в створах рассматриваемых ГЭС.   6. Продление многолетних гидрологических рядов притока воды в водохранилища с 1903 г. до окончания горизонтов планирования.   Этап 3   * 1. Выполнение водноэнергетических расчетов по полученным многолетним рядам притока. Оценка надежности обеспечения требований водопользователей, расположенных в зоне влияния водохранилищ, и определение основных водноэнергетических показателей ГЭС.   2. Моделирование пропуска половодий и паводков нормативных вероятностей превышения.   3. Формирование предложений по адаптации ГЭС к климатическим изменениям.   Этап 4   * 1. Уточнение диспетчерских графиков водохранилищ.   Этап 5   * 1. Разработка проектов научных статей по результатам работы. |
| 1. Исходные данные | * 1. Результаты НИР «Разработка (уточнения) диспетчерских графиков ГЭС Ангаро-Енисейского каскада с учетом современных условий» (представляется Заказчиком).   2. Метеорологическая информация по данным наблюдений на опорной сети Росгидромета; метеорологическая информация по данным Отдела климатических исследований Университета Восточной Англии (Climate Research Unit, CRU); прогнозные данные о температуре и осадках по региональной модели; прогнозные данные по ансамблю глобальных климатических моделей, необходимые для обеспечения анализа воздействия изменений климата и их последствий, а также для моделей формирования стока (собираются силами Исполнителя). |
| 1. Требования к составу и выполнению работ | * 1. Анализ мирового опыта адаптации ГЭС к климатическим изменениям должен содержать не менее 3-х примеров, включая, но не ограничиваясь, опыт корректировки режимов работы гидроузлов и изменения конструкции и компоновки гидротехнических сооружений и основного оборудования.   2. Характеристика современных изменений климата и анализ трендов опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений выполняется по данным наблюдений не менее, чем за последние 30 лет.   3. В работе должно быть рассмотрено не менее 4-х сценариев изменения концентрации парниковых газов в атмосфере. Выбор сценариев должен быть согласован с Заказчиком по итогам выполнения этапа 1.   4. Выбор оптимальных моделей циркуляции атмосферы и океана для гидрологического моделирования должен основываться на результатах оценки воспроизведения среднебассейновых основных климатических характеристик (атмосферных осадков, температуры и влажности воздуха) на рассматриваемых водосборах по данным региональной и ансамбля глобальных моделей циркуляции атмосферы и океана за исторический период в сравнении с данными станционных наблюдений или метеорологического реанализа. Выбор должен быть согласован с Заказчиком.   5. Калибровка параметров и испытания моделей формирования стока выполняется путём анализа воспроизведения многолетних вариаций годового и сезонного речного стока на рассматриваемых водосборах за период инструментальных наблюдений (данные многолетнего гидрометеорологического и водохозяйственного мониторинга) с использованием в качестве граничных условий данных выбранного ансамбля моделей циркуляции атмосферы и океана, а также с учётом изменений в землепользовании.   6. Целевые значения статистических критериев для оценки эффективности гидрологических моделей: критерий Нэша-Сатклиффа NSE≥0.7 при систематической погрешности расчета PBIAS≤15%.   7. Требуемая дискретность выходных данных моделей формирования стока: среднесуточные значения расходов воды.   8. Оценки гидрологических последствий изменения климата и водноэнергетических показателей ГЭС, а также расчёты пропуска половодий и паводков должны быть выполнены для сценариев, выбранных на этапе 1, на три горизонта планирования: до 2030, 2050 и 2099 гг.   9. Предложения по адаптации ГЭС к изменениям климата и уточненные диспетчерские графики водохранилищ должны быть разработаны для каждого из рассматриваемых горизонтов планирования и основываться на результатах анализа климатообусловленных рисков, водноэнергетических расчетов и моделирования пропуска паводков.   10. Водноэнергетические расчеты для ГЭС Ангарского каскада должны быть выполнены для диспетчерских графиков максимально приближенных к действующим правилам использования водных ресурсов (с учетом ограничений на предельные уровни оз. Байкал) и для диспетчерских графиков, предложенных в отчете «Разработка (уточнения) диспетчерских графиков ГЭС Ангаро-Енисейского каскада с учетом современных условий».   11. В рамках работ этапа 3 рассмотреть целесообразность уточнения диспетчерских графиков водохранилищ Ангарского каскада и представить в промежуточном отчёте по этапу 3 полученные выводы. |
| 1. Особые условия | * 1. В том случае, если по результатам этапа 3 уточнение диспетчерских графиков будет признано нецелесообразным, Исполнитель по согласованию с Заказчиком по завершении этапа 3 переходит к выполнению этапа 5. Работы по этапу 4 в этом случае не выполняются, а стоимость и срок Работ пересматриваются в установленном порядке. |
| 1. Результаты работ. Состав выпускаемых материалов | * 1. По этапу 1 представляется отчёт, содержащий разделы: * Обзор и анализ мирового опыта адаптации ГЭС к климатическим изменениям. * Характеристика климатообусловленных рисков для бассейна р. Ангары и оз. Байкал. * Прогнозы изменений климата по данным региональных и глобальных моделей циркуляции атмосферы и океана. * Сценарии изменения концентраций парниковых газов в атмосфере. * Описание гидрологических моделей для Ангарского каскада ГЭС.   1. По этапу 2 представляется отчёт, содержащий разделы: * Сценарные прогнозы опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений. * Калибровка и оценка эффективности гидрологической модели. * Влияние климатических изменений на основные гидрологические характеристики. * Сценарные прогнозы изменения годового, сезонного и максимального стока в створах ГЭС Ангарского каскада.   1. По этапу 3 представляется отчёт, содержащий следующие разделы: * Оценка надежности обеспечения требований водопользователей в различных сценариях изменения климата. * Сценарные прогнозы изменения водноэнергетических показателей ГЭС. * Пропуск половодий и паводков нормативных вероятностей превышения. * Сводный анализ климатообусловленных рисков для ГЭС Ангарского каскада. * Предложения по адаптации ГЭС к климатическим изменениям.   1. По этапу 4 представляется отчёт, содержащий разделы: * Диспетчерские графики водохранилищ, адаптированные к климатическим изменениям. * Водноэнергетические показатели ГЭС, достижимые вследствие адаптации. * Обеспечение безопасности пропуска половодий и паводков нормативных вероятностей превышения.   1. По завершении последнего этапа работы представляются:      + Презентационные материалы для защиты работы.      + Проекты научных статей.      + Пакет документов, необходимый для регистрации результатов интеллектуальной деятельности, возникших в ходе выполнения работ, в патентном ведомстве в соответствии с российским и международным законодательством. |
| 1. Этапы и сроки выполнения работы | * 1. Этап 1 (пп. 6.1-6.6 настоящего технического задания (ТЗ)) – 9 месяцев с даты подписания Договора.   В ходе работ этапа 1 Исполнитель представляет Заказчику промежуточные результаты работ:   * по п. 6.1 ТЗ – не позднее 1 месяца от начала работ; * по п. 6.2 ТЗ – не позднее 4 месяцев от начала работ; * по пп. 6.3-6.4 ТЗ – не позднее 7 месяцев от начала работ; * по п. 6.5 ТЗ – за 1 месяц до окончания этапа 1.   1. Этап 2 (пп. 6.7 – 6.12 ТЗ) – 5 месяцев с даты завершения этапа 1.   В ходе работ этапа 2 Исполнитель представляет Заказчику промежуточные результаты работ:   * по пп. 6.7-6.8 ТЗ – в течение 1 месяца от начала работ по этапу 2; * по п. 6.9 ТЗ – результаты оценки эффективности гидрологических моделей в течение 2 месяцев от начала работ по этапу 2.   1. Этап 3 (пп. 6.13-6.15 ТЗ) – 4 месяца с даты завершения этапа 2.   За 1 месяц до окончания этапа 3 Исполнитель представляет Заказчику проект предложений по адаптации ГЭС к климатическим изменениям.   * 1. Этап 4 (п. 6.16 ТЗ) – 3 месяца с даты завершения этапа 3.   2. Этап 5 (п. 6.17 ТЗ) – 1 месяц с даты завершения этапа 4.   3. Общий срок выполнения работы – не более 22 месяцев с даты подписания Договора. |
| 1. Порядок приемки работ | * 1. Приёмка результатов работ осуществляется в порядке, изложенном в договоре, приёмочной комиссией Заказчика.   2. В состав приемочной комиссии помимо сотрудников организации-заказчика включаются сотрудники Дирекции по устойчивому развитию МКООО «Эн+ Холдинг», а также, при необходимости, сотрудники других компаний En+ Group. |
| 1. Требования к оформлению и передаче документации | * 1. При построении структуры отчетов следует руководствоваться ГОСТ 7.32-2017. При этом, особо обозначенные в п. 10 ТЗ разделы включаются (помимо прочего) в основную часть отчётов.   2. Отчетные материалы НИР передаются Заказчику на бумажном носителе в одном экземпляре и в электронном виде в нередактируемом (с подписями) формате (PDF) и редактируемом формате в виде файлов специализированных программ, позволяющих редактировать указанные документы.   3. Отчёты на бумажном носителе передаются после согласования Заказчиком соответствующих отчётов в электронном виде. Экземпляр, выдаваемый на бумаге, должен быть идентичным итоговой электронной версии отчёта. |