

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выполнение проекта

## Совершенствование системы гидрологического прогнозирования дождевого стока к Днестровскому водохранилищу

### 1 ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Данное задание выбрано как приоритетное адаптационное мероприятие ответственными ведомствами в рамках компонента «Изменение климата и безопасность в бассейне Днестра» проекта «Изменение климата и безопасность в Восточной Европе, Средней Азии и на Южном Кавказе». Проект выполняется ЕЭК ООН и ОБСЕ в рамках инициативы «Окружающая среда и безопасность» при финансовой поддержке «Инструмента стабильности» Европейской Комиссии и Австрийского агентства развития.
2. Соглашение между правительством Республики Молдова и правительством Украины и о совместном использовании и охране пограничных вод, подписанное 23 ноября 1994 года.
3. Регламент украинско-молдавского сотрудничества по защите от наводнений на пограничных водотоках и внутренних водах.

### 2 СРОКИ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ:

начало работ – июнь 2015, окончание работы - июль 2016 г.

### 3 ЦЕЛИ И ЗАДАНИЯ РАБОТЫ:

#### Цели:

а) разработка программной многоуровневой системы оперативного прогнозирования притока к Днестровскому водохранилищу, формируемого дождевым стоком, на основе следующих моделей, прошедших валидацию по данным наблюдений:

- численных моделей прогноза погоды;
- распределенных моделей «осадки-сток»;
- одномерной модели трансформации стока в речных руслах и водохранилищах;

б) пилотное внедрение этой системы в Украинском гидрометеорологическом центре (г. Киев) и Львовском региональном центре по гидрометеорологии (РЦГМ) ГСЧС Украины и обеспечение возможности доступа к результатам моделирования подразделениям Госводагентства, НЭК Укрэнерго, ПАТ «Укрэнерго» (Украина) и соответствующих ведомств Республики Молдова, включая Министерство окружающей среды, Госгидрометслужбу, Гидрометцентр Тирасполя и «Апеле Молдовой».

#### Задания:

1. Разработать численную модель оперативного прогноза погоды для региона Прикарпатья, покрывающего верхнюю часть бассейна р. Днестр до замыкающего створа г. Могилев-Подольский на срок до 5 суток с периодичностью обновления 12 часов, использующую детализацию расчетной сетки до горизонтальных размеров шага сетки в горных областях, обеспечивающих точность прогноза осадков, адекватную современным прогностическим технологиям численного метеопрогнозирования – «Модель Верхний Днестр – Метео» (Модель ВДМ).
  - 1.1. Настройка модели WRF на выбранный регион и анализ влияния шага сетки в горных районах на точность прогноза осадков по данным метеонаблюдений для выбора размеров расчетной сетки в области метеопрогнозирования.

- 1.2. Тестирование полей осадков, рассчитываемых Моделью ВДМ, по данным наблюдений в периоды экстремальных паводков 1998, 2008, 2010 гг. и высоких дождевых паводков 2011-2015 гг. и соответствующая калибровка параметров модели по результатам тестирования.
  - 1.3. Подготовка прогностической метеосистемы для работы в автоматизированном режиме 1 раз в двенадцать часов и обеспечения поступления результатов метеопрогнозирования в Укргидрометцентр для дальнейшего использования моделью формирования дождевого стока в бассейне.
  - 1.4. Разработка интерфейса отображения результатов расчетов Модели ВДМ с учётом потребностей оперативного прогнозирования в УкрГМЦ и Львовском РЦГМ.
  - 1.5. Проведение совместно с УкрГМЦ оценки оправдываемости Модели ВДМ по методикам УкрГМЦ.
2. Разработать программную систему формирования дождевого стока верхней части бассейна р. Днестр до замыкающего створа г. Могилев-Подольский на основе распределенной физически обоснованной гидрологической модели «осадки-сток» «Модель Верхний Днестр «Осадки-Сток» (Модель ВДОС) для прогноза боковой приточности, беря за основу результаты наблюдений сети гидрометеорологических станций и постов, прогностическую информацию модели ВДМ.
    - 2.1. Разработка и тестирование программных комплексов формирования дождевого стока на основе разработанных в УЦЭВП версий известных моделей - европейской ТОРКАРІ и американской DHSVM.
    - 2.2. Подготовка программной системы ВДОС для работы в автоматизированном режиме и выполнения расчетов 1 раз в 12 часов на основе прогностических метеоданных, поступающих от модели ВДМ, и с учетом фактической гидрометеорологической информации. Прогноз гидрографов стока в створах гидрологических постов на р.Днестр и его притоках и передача результатов расчета модели ВДОС в программную систему расчета трансформации стока в речных руслах и Днестровском водохранилище.
    - 2.3. Разработка системы стыковки модели ВДОС с оперативной гидрометеорологической базой УкрГМЦ для обновления входных данных в автоматическом режиме.
    - 2.4. Разработка интерфейса отображения результатов расчетов системы ВДОС с учетом потребностей оперативного прогнозирования в УкрГМЦ и Львовском РЦГМ.
    - 2.5. Инсталляция программной системы ВДОС в составе комплекса гидрологического прогнозирования в Украинском гидрометцентре и Львовском РЦГМ.
  3. Разработать гидравлическую одномерную модель трансформации речного стока (паводковых волн) в речных руслах и в Днестровском водохранилище, которая прогнозирует динамику средних по сечению уровней воды, скоростей течений и, соответственно их произведения, расходов воды на период расчета и основывается на уравнениях Сен-Венана - «Модель Верхний Днестр - Гидравлика (Модель ВДГ).
    - 3.1. Разработка и тестирование программного комплекса ВДГ.
    - 3.2. Тестирование результатов прогностических расчетов комплекса моделей ВДОС-ВДГ по данным гидрологических наблюдений в периоды экстремальных паводков 1998, 2008, 2010 гг. и высоких дождевых паводков 2011-2015 гг.; соответствующая калибровка параметров модели ВДОС по результатам тестирования.
    - 3.3. Подготовка программной системы ВДГ для работы в автоматизированном режиме и выполнения расчетов 1 раз в 12 часов на основе прогностических данных, поступающих от модели ВДОС.
    - 3.4. Подготовка отчетов о прогнозах притока на период действия метеорологического прогноза (с шагом метеомодели на период до 5 суток):
      - основного притока к Днестровскому водохранилищу – створы Галич и Залещики;
      - бокового притока к Днестровскому водохранилищу;
      - притока к плотине ГЕС 1 (г. Новоднестровск) с учетом трансформации стока в Днестровском водохранилище;

- притока к створу Могилев - Подольский с учетом сценариев управления режимами сбросов Днестр ГЭС 1 и ГЭС 2.
- 3.5. Разработка интерфейса отображения результатов расчетов системы ВДГ с учетом потребностей оперативного прогнозирования в УкрГМЦ и Львовском ЦГМ.
- 3.6. Инсталляция программной системы ВДГ в составе комплекса гидрологического прогнозирования в УкрГМЦ и Львовском РЦГМ.
- 4. Разработать блок «Верхний Днестр» в составе комплекса гидрологического прогнозирования Украинского гидрометцентра и Львовского РЦГМ.
  - 4.1. Разработка графического интерфейса пользователя блока «Верхний Днестр», визуализирующего результаты расчетов моделей ВДОС и ВДГ.
  - 4.2. Разработка программного интерфейса блока «Верхний Днестр» с базами оперативных гидрометеорологических данных регулярных и автоматизированных наблюдений УкрГМЦ.
  - 4.3. Тестирование программного комплекса.
  - 4.4. Подготовка технической документации - Руководства пользователя.
  - 4.5. Разработка программных средств подготовки представления результатов гидрологического прогнозирования на веб сайте УкрГМЦ для использования заинтересованными пользователями Госводагентства Украины, НЭК Укрэнерго, ПАТ Укрэнерго и соответствующих ведомств Республики Молдова, включая Министерство окружающей среды, Госгидрометслужбу, Гидрометцентр Тирасполя и «Апеле Молдовой».
- 5. Обучение персонала УкрГМЦ и Львовского РЦГМ и других заинтересованных пользователей работе с прогностическими системами, входящими в блок «Верхний Днестр»: Метео - Модель ВДМ, ), Осадки-Сток - Модель ВДОС) и Гидравлика - Модель ВДГ, включая проведение учебных семинаров.

#### **4 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

1. Модели гидрологического прогнозирования ВДОС и ВДГ должны:
  - обеспечить расчет стока, выдачу его результатов и сохранение в сроки, необходимые для оперативного обслуживания подразделений гидроэнергетики и водного хозяйства – обязательно ежедневно до 10.00; а также после получения новых расчетов метеомодели;
  - усваивать результаты текущих гидрометеорологических наблюдений, содержащихся в оперативной базе данных УкрГМЦ;
  - обеспечить ручной ввод и корректировку входных данных, в том числе и метеопараметров (при необходимости) и выполнение расчетов;
  - рассчитывать гидрографы стока на период действия метеопрогноза в створах действующих гидрологических постов на Днестре и его притоках согласно Плана выпуска прогнозов УкрГМЦ;
  - на основе прогнозов гидрографов формировать прогнозы хода уровней воды в створах действующих постов на Днестре и его притоках и их сопоставление с уровнями опасности и многолетними показателями;
  - рассчитывать основной, боковой и суммарный приток воды к акватории Днестровского водохранилища и приток к плотине Днестровской ГЭС на период действия метеопрогноза;
  - на основе трансформации паводковой волны рассчитывать уровни воды в Днестровском водохранилище в выбранных контрольных точках, в том числе и в створах гидрологических (озерных) постов.
2. Результаты расчетов по модели ВДГ должны поступать в Модель, которая рассчитывает зоны затопления Днестра в районе г.Могилев-Подольский.
3. Модели гидрологического прогнозирования ВДОС и ВДГ должны иметь удобный интерфейс; графическое, табулированное и картографическое представление результатов расчета.
4. Результаты расчетов по моделям ВДОС и ВДГ должны отображаться на веб сайте УкрГМЦ в удобном для внешних пользователей формате (виде).

## **5 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ:**

### **5.1 Общая характеристика бассейна р Днестр**

Днестр – одна из крупных рек Украины и крупнейшая река Молдовы, которая вместе с Дунаем, Днепром и Южным Бугом относится к бассейну Черного моря. Общая длина реки – 1350 километров, площадь бассейна – более 72 тысяч квадратных километров. Днестр берет начало в Карпатах на высоте 911 метров над уровнем моря и впадает в Днестровский лиман – залив Черного моря, отделенный от него узкой косой. На северо-западе бассейн Днестра граничит с бассейном Вислы, на севере – Днепра, на юго-востоке – Южного Буга, на западе и юго-западе – Дуная с Тисой, Прутом и малыми протоками, на юге – с бассейнами малых рек, впадающих в Черное море. Геологическое строение бассейна Днестра сложное, русло реки на отдельных участках прорезает породы различного возраста и происхождения – от кристаллических до лессов, глин и известняков.

По условиям питания, водного режима и физико-географическим особенностям русло Днестра делят на три части: горную карпатскую (формирующую около двух третей годового стока реки); подольскую в среднем течении с крутыми склонами и развитыми меандрами и равнинную причерноморскую с рукавами (включая реку Турунчук), озерами и обширными массивами регулярно затапливаемых плавней, представляющих большую природную ценность. Одна из характерных особенностей гидрографической сети Днестра – отсутствие больших и наличие большого количества малых притоков (более 14 тысяч притоков длиной до 10 км). В бассейне также насчитывается 65 водохранилищ и более трех тысяч прудов. В число водохранилищ входят Дубоссарское в Молдове и расположенный выше по течению на границе Украины и Молдовы (см. карту) гидроэнергетический комплекс из основного и буферного водохранилищ Днестровской ГЭС и наливного водохранилища ГАЭС. Строительство водохранилищ Днестровского гидроэнергетического комплекса существенно изменило экологическую ситуацию в бассейне, и с этой точки зрения они могут рассматриваться в качестве дополнительной границы в пределах бассейна.

Средний расход воды в нижнем течении Днестра – 311 кубических метров в секунду, средний объем годового стока – около 10 кубических километров. Около 60% годового стока реки приходится на летне-осенний период, 25% – на весенний период за счет таяния снега, 15% составляет сток зимнего периода, который формируется преимущественно за счет грунтового питания реки. Характерной особенностью Днестра является паводковый режим, каждый год на реке наблюдается до пяти паводков, при которых уровень воды может подниматься на 3-4 метра, а иногда и больше. Самая большая амплитуда колебаний уровня воды – до 9-10 метров – наблюдается на посту Залещики, который сейчас является входным створом в Днестровское водохранилище. Максимальные расходы воды проходят по Днестру, как весной, так и летом, но паводковые расходы значительно выше, чем половодные: наибольший расход 8040 м<sup>3</sup>/с наблюдался в створе поста Залещики в сентябре 1941 года. Минимальные расходы характерны для зимней межени и сентября-октября.

В рамках адаптации к изменению климата на бассейновом уровне наибольший интерес представляют проблемы, непосредственно связанные с водной средой, изменением водного режима и состояния водных ресурсов. Для бассейна Днестра вероятное изменение объема и сезонного распределения стока выделяется как одно из критических последствий изменения климата. С ожидаемыми изменениями стока связано и возможное ухудшение качества воды. Ряд других проблем изменения климата в бассейне Днестра также во многом определяется изменениями в режиме и состоянии водных ресурсов, хотя, за исключением водоснабжения, здесь велико влияние и других климатических факторов.

Хотя паводки как естественное природное явление происходили всегда, не могут быть исключены в будущем и, в принципе, благотворны для «здоровья» реки и экосистем поймы, связанные с ними наводнения ежегодно приносят миллионные убытки хозяйству и населению Молдовы и Украины и уносят жизни десятков людей. Катастрофические паводки 2008 и 2010 гг. в бассейне Днестра заново напомнили о том, что существующий комплекс противопаводковой защиты сегодня лишь частично выполняет свои функции.

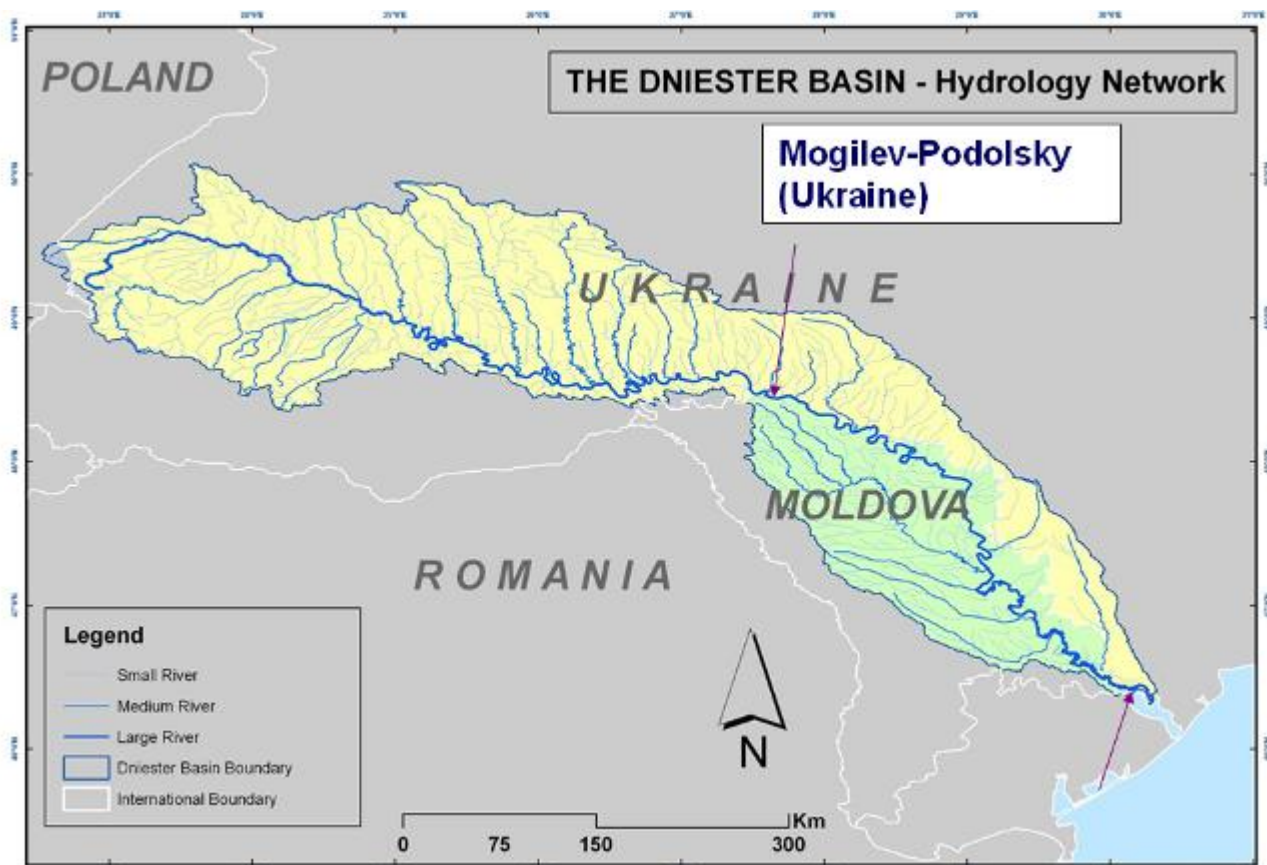


Рис.1 Гидрографическая сеть бассейна Днестра с указанием местоположения г. Могилева Подольского, - замыкающего створа бассейна прогнозирования метео и гидрологических параметров в рамках проекта.



Рис.2 Карта отметок поверхности бассейна Днестра.



Рис.3 Карта распределения среднегодового количества осадков по территории бассейна Днестра.

## 5.2 Основные параметры Днестровского водохранилища

Днестровское водохранилище – одно из наиболее значительных, которые были созданы на Украине в 80-ые годы прошлого столетия. Водохранилище предназначено для годового регулирования стока с переходом на многолетнее. Створ гидроузла расположен на расстоянии 678 км от устья Днестра на границе Черновицкой и Винницкой областей.

Площадь водосбора в замыкающем створе составляет 40500 км<sup>2</sup>, среднемноголетний сток - 274 м<sup>3</sup>/с. Расположенное в каньоноподобной долине водохранилище длиной 204 км имеет крутые берега, сравнительно небольшие ширину (730 м) и площадь (142 км<sup>2</sup>) зеркала воды. Форма полностью сохраняет очертания долины р. Днестр.

В соответствии с проектом створ Днестровской ГЭС расположен в 677,7 км от устья; он замыкает площадь водосбора 40500 км<sup>2</sup>.

Полный объем Днестровского водохранилища 3.00 км<sup>3</sup>, полезный -2.00 км<sup>3</sup>, площадь зеркала - 142 км<sup>2</sup>, средняя глубина 21.0 м, максимальная -54.0 м, НПУ -121.0 м, ФПУ -125.0 м и УМО-102.5 м.

Противопаводочная емкость равна 592 млн. м<sup>3</sup>. Буферное водохранилище имеет следующие морфометрические характеристики: УМО -67.0 м и объемом 7.6 млн. м<sup>3</sup>, НПУ -72.0 м и объемом 31.0 млн. м<sup>3</sup>, ФПУ -82.0 м и объемом 139 млн.м<sup>3</sup>.

Расчетные значения годового и месячного стока определены по водпосту Могилев- Подольский с учетом поправочного коэффициента 0.98.

Норма стока равна 274 м<sup>3</sup>/с (8.65 км<sup>3</sup>).

Максимальный приток к ГЭС при обеспеченности P=0.01% равен 13260 м<sup>3</sup>/с. Норма минимального среднесуточного расхода для летней межени равна 93.4 м<sup>3</sup>/с, для зимней -52.0 м<sup>3</sup>/с. Норма стока взвешенных наносов равна 141 кг/с.

Сток влекомых наносов принят равным 20% от стока взвешенных частиц (суммарный годовой сток наносов составляет 5.34 млн. т.). ГЭС руслового типа.

Мощность каждого из 6 агрегатов равна 117 тыс. кВт, суммарная мощность станции 702 тыс. кВт. Поверхностный водосброс, устроенный над машинным залом и имеющий отметку гребня 110 м,

состоит из 12 пролетов шириной по 7.5 м. Верхняя грань водозаборных окон ГЭС имеет отметку 95.0 м, нижняя -78.0 м.

В нижнем бьефе устроен водобойный колодец глубиной 11 м с отметкой 54 м. ГЭС рассчитана на работу при следующих уровнях воды: УМО -102.5 м, НПУ -121.0 м, ФПУ -125.0 м. При работе 6 агрегатов уровень в нижнем бьефе достигает 74.2 м, а при пропуске паводка с расходом 13260 м<sup>3</sup>/с - 83.2 м.

С левой стороны к зданию ГЭС примыкает глухая каменно-земляная плотина.

В среднем по водности год в соответствии с проектом Днестровской ГЭС должна вырабатывать 800 млн. кВт/час электроэнергии.

Буферная плотина расположена в 19.8 км ниже Днестровской ГЭС. Площадь водосбора до створа плотины 43320 км<sup>2</sup>. Она предназначена для сглаживания расходов воды, сбрасываемых с Днестровского водохранилища и выравнивания уровней воды в Днестре.

Плотина имеет 12 водосливных отверстий шириной по 7.5 м. Отметка порога отверстий 64.0 м, дна водобойного колодца -61.0 м. Слева от водосливной плотины планируется устройство небольшой ГЭС с установкой трех гидроагрегатов мощностью по 15.5 тыс. кВт. Днестровское водохранилище имеет следующие морфометрические характеристики:

Днестровское водохранилище в соответствии с «Правилами эксплуатации Днестровского водохранилища» имеет комплексное назначение, а именно регулирование стока для нужд энергетики, водоснабжения, борьбы с паводками и орошения. Для обеспечения этих задач необходимо, чтобы в обычных условиях противопаводочная емкость должна быть свободна и водохранилище должно быть готово к приему дополнительного стока.

Для исключения затопления в нижнем течении среднесуточный расход на ГЭС (за исключением паводков) не должен превышать 1000 м<sup>3</sup>/с. Минимальные среднесуточные расходы, составляющие 100 м<sup>3</sup>/с, назначены из условий обеспечения санитарного попуска в Днестровский лиман (80 м<sup>3</sup>/с). Дополнительными требованиями к режиму работы ГЭС являются недопущение суточной сработки уровня у плотины более, чем на 50 см, а в период нереста – не более 10 см.

Ниже буферного водохранилища ширина долины Днестра становится больше. Днестр проходит здесь по государственной границе с Молдовой. Характерная ширина русла -100-120 м, максимальная глубина -3-4 м. Вскоре река оказывается в подпоре от Дубоссарского водохранилища. На территории Молдовы между с. Каменка и г. Дубоссары расположено Дубоссарское водохранилище, длиной 128 км.

Площадь Дубоссарского водохранилища составляет 67,5 км<sup>2</sup>, объем - 0,485 км<sup>3</sup>. Скорость течения Днестра в Дубоссарском водохранилище снижается до 0,1 м/с с колебанием от 0,05 до 0,15 м/с.

В соответствии с проектом створ Днестровской ГЭС расположен в 677,7 км от устья; он замыкает площадь водосбора 40500 км<sup>2</sup>.

Плотина Дубоссарского водохранилища расположена на 351 км от устья и замыкает площадь водосбора 53590 км<sup>3</sup>.

Морфометрические характеристики водохранилища следующие: УМО -24.5 м с объемом 84.29 млн. м<sup>3</sup>, НПУ -28.0 м с объемом 277.4 млн. м<sup>3</sup>, ФПУ -30.0 м и объемом 401.4 млн. м<sup>3</sup>. Площадь водного зеркала при НПУ равна 67.5 км<sup>2</sup>, при УМО -46.8 км<sup>2</sup> и при ФПУ -80.7 км<sup>2</sup>.

Расчетные максимальные расходы воды Q 0.1% = 8200 м<sup>3</sup>/с и Q 1% = 4700 м<sup>3</sup>/с.

Сбросные расходы через водослив плотины Q 0.1% = 5900 м<sup>3</sup>/с и Q 1% = 4300 м<sup>3</sup>/с. Через турбины ГЭС -400 м<sup>3</sup>/с. Аварийный водосброс Q 0.1% = 1880 м<sup>3</sup>/с. Регулирующая емкость равна 124 млн.м<sup>3</sup>.

После сооружения Днестровского водохранилища максимальный сбросный расход 1%-ной обеспеченности равен 2600 м<sup>3</sup>/с, который проходит транзитом от Могилев-Подольского до разделения Днестра на Турунчук и собственно р. Днестр.

Густота речной сети среднего Днестра -0,5-0,7 км/км<sup>2</sup>, средние скорости течения -0,20,7 м/с. За пределами Молдовы водораздел почти вплотную приближается к Днестру и его правобережье становится практически бесприточным.

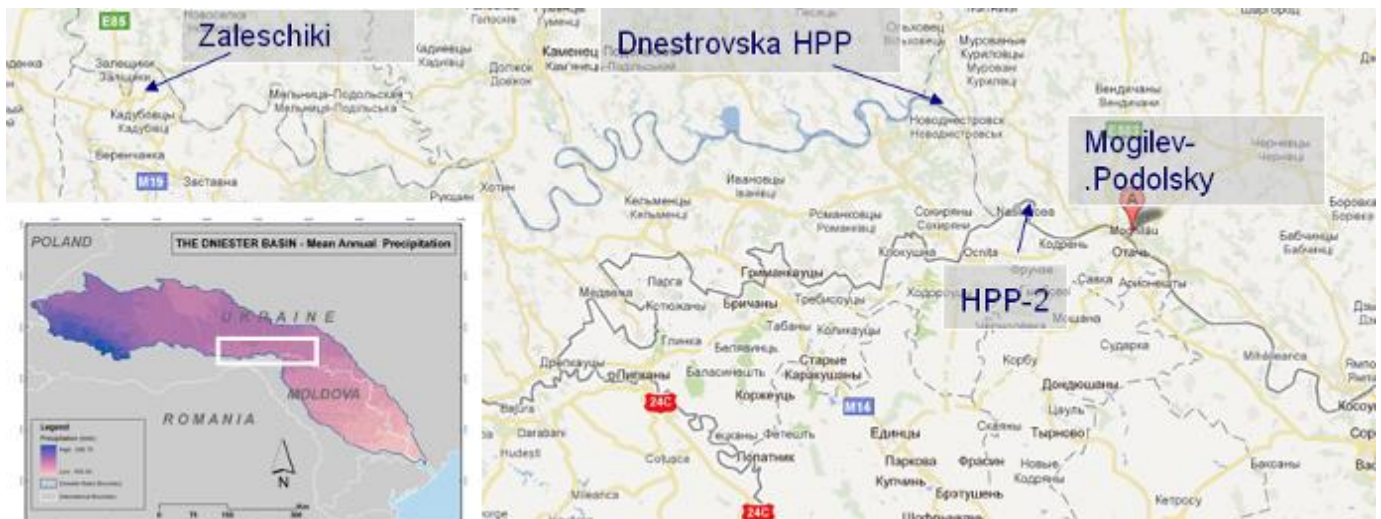


Рис.4 Карта региона Днестровского водохранилища.

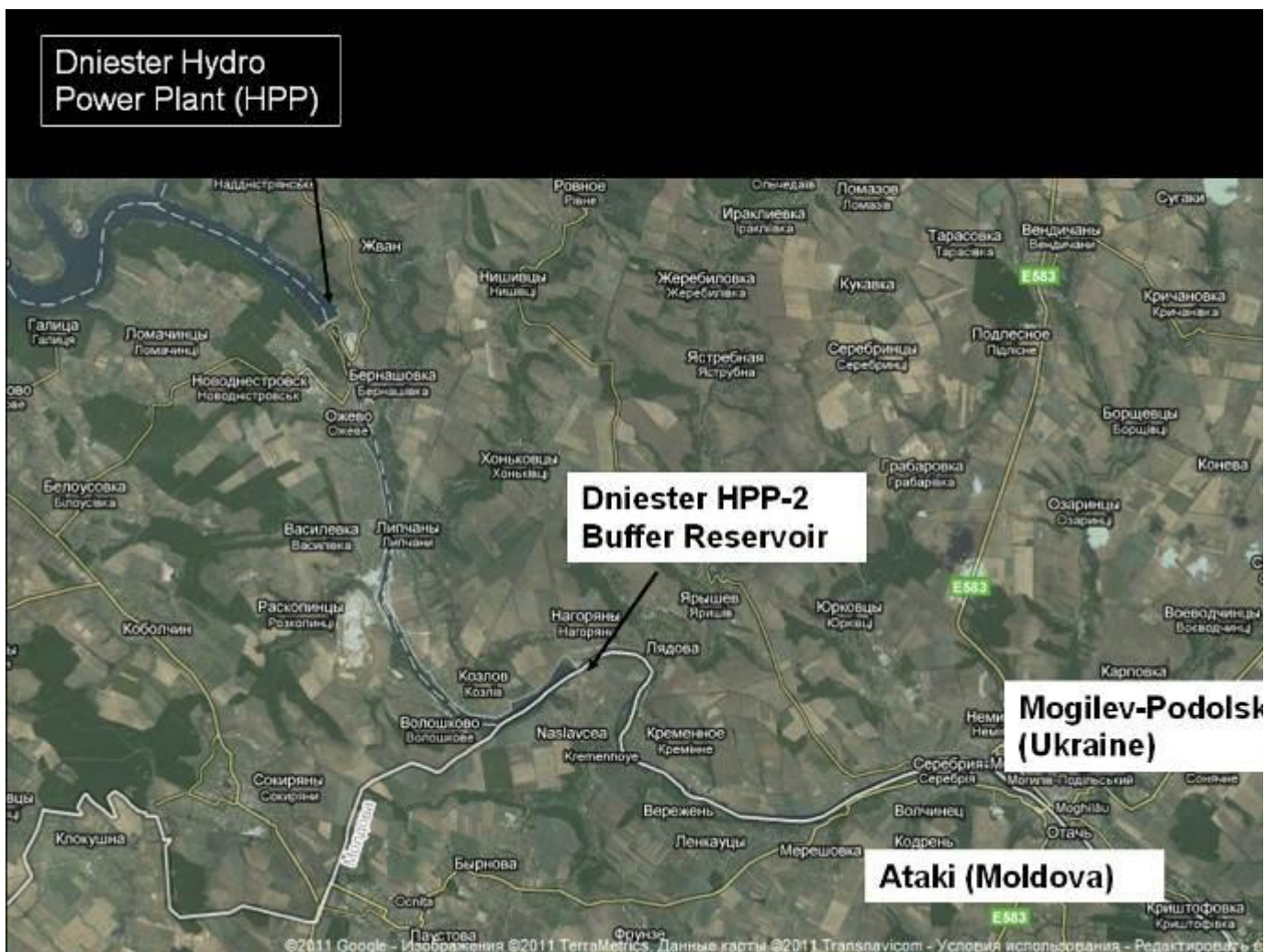


Рис.5 Карта региона «плотина Днестровской ГЭС- 2. Могилев Подольский»



**Таблица 1 – Характеристика гидроэлектростанций и водохранилищ Днестровского гидроэнергетического комплекса**

№ п/п	Название характеристики	Единицы измерения	Днестровская	Днестровская буферная	Днестровская ГАЭС
1	2	3	4	5	6
<b>I. Общие сведения</b>					
1.	Местонахождение на реке от истока по природному фарватеру	км	677,7	657,9	-
2.	Назначение		Комплексное: энергетика, водоснабжение, орошение, гидроэнергетика, речной транспорт, рекреация.		
3.	Год введения в эксплуатацию (включение первого гидроагрегата)		1981	1999	-
4.	Состав гидроузла		ГЭС, ж/бетон. водосливная и левобережная и правобережная каменно -земельная плотина	ж/бетон. водосливная плотина, земляная плотина	-
5.	Регулирование стока водохранилища		сезонное с переходом на многолетнее	недельное и суточное	-
6.	Площадь водосбора выше створа ГЭС	тыс. км <sup>2</sup>	40,5	41,5	-
<b>II. Характеристики гидроэлектростанций</b>					
1.	Тип ГЭС	-	руслловая совмещенная с поверхностными водосборами	приплотинная	-
2.	Количество гидроагрегатов	шт.	6	3	7
3.	Мощность и количество генераторов - в насосном режиме	МВт	117 x 6 -	13,6 x 3 -	7 x 324 408 x 7
4.	Установленная мощность	тис. кВт	702	40,8	2268
<b>III. Характерные проектные уровни водохранилища (возле плотины)</b>					
1.	Нормальный подпорный уровень (НПУ)	м	121,0	72,0	229,5
2.	Расчётный форсованный подпорный уровень (ФПУ)	м	125,0	82,0	-
3.	Уровень навигационного срабатывания (УНС)				
4.	Уровень мёртвого объёма (УМО)	м	102,5	67,0	215,5
5.	Уровень нормальная предполоводной сработки на 1 марта	м	114,7	-	-
<b>IV. Топографические характеристики водохранилищ и плотин</b>					
1.	Длина водохранилища по оси	км	194 (по фарватеру)	20 (по фарватеру)	-
2.	Максимальная ширина водохранилища	км	2	0,5	-
3.	Средняя ширина водохранилища	км	0,73	0,3	-
4.	Площадь зеркала водохранилища при НПУ при УМО	км <sup>2</sup>	142 75	5,91 3,09	2,04 1,68

5.	Статический объём водохранилища				
	а) при НПУ при УМО	км <sup>3</sup>	3,0	0,031	0,0312
	б) Общий полезный между НПУ и УМО	км <sup>3</sup>	2,0	0,0234	0,0262
<b><i>V. Пропускная способность сооружений гидроузла при НПУ</i></b>					
1.	Пропускная способность турбин ГЭС при длительной работе и отсутствии холостых сбросов	м <sup>3</sup> /с	2000	450	-
2.	Водосливы				
	а) количество	шт.	12	12	-
	б) ширина одного створа	м	7,5	12	-
	в) пропускная способность одного щита	м <sup>3</sup> /с	(при ФПУ) 938	(при ФПУ) 1100	-
	г) пропускная способность всего водослива (при всех открытых щитах)	м <sup>3</sup> /с	(при ФПУ) 11260	(при ФПУ) 13260	-
3.	Водосбросы				
	а) количество	шт.	-	12	-
	б) ширина одного створа	м	-	6	-
	в) пропускная способность одного водосброса	м <sup>3</sup> /с	-	970	-
	г) пропускная способность всех водосбросов	м <sup>3</sup> /с	-	11660	-
4.	Полная пропускная способность гидроузла	м <sup>3</sup> /с	13260	13260	-

### 5.3 Существующая система гидрометеорологического мониторинга в бассейне Верхнего Днестра и на Днестровском водохранилище

Для планирования режимов работы Днестровского водохранилища, выполнение его паводкорегулирующих функций и выработки электроэнергии довольно важное место отводится организации и функционированию системы гидрометеорологического мониторинга в бассейне Днестра и на Днестровском водохранилище.

Гидрометеорологический мониторинг включает в себя изучение режима рек бассейна Днестра и Днестровского водохранилища, прогнозирование его изменений и гидрометеорологическое обслуживание данными фактических наблюдений, гидрологических расчётов, результатами прогнозирования организаций, ответственных за установление и ведение режима работы Днестровского водохранилища.

Весь комплекс гидрометеорологических работ и гидрометеорологическое обслуживание в бассейне Верхнего Днестра и на Днестровском водохранилище обеспечивают гидрометеорологические организации Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям: Украинский гидрометеорологический центр (УкрГМЦ, г. Киев), Центральная геофизическая обсерватория (ЦГО, г. Киев), Львовский региональный центр по гидрометеорологии (Львовский РЦГМ, г. Львов), Черновицкий областной центр по гидрометеорологии (Черновицкий ЦГМ, г. Черновцы), озёрная станция Новоднестровск (О Новоднестровск, г. Новоднестровск).

**Гидрометеорологические наблюдения.** Основой гидрометеорологического мониторинга состояния рек бассейна Днестра и непосредственно Днестровского водохранилища является действующая гидрометеорологическая сеть станций и постов Украины, на которой осуществляются регулярные стандартные и специализированные наблюдения, измерение параметров водного, ледового, гидрохимического режима водных объектов и состояния погоды. Все наблюдения и измерения выполняются в соответствии с требованиями действующих нормативных документов Украины по единой технологии, которая обеспечивает стандартность, непрерывность, сопоставление

мониторинговых данных во времени и по территории, их использование для разработки прогностических моделей и проведения гидрометобслуживания.

В бассейне Днестра выше г. Могилёв-Подольский работает 63 информационных гидрологических поста (из них на 58-ми измеряются расходы воды); 12 метеорологических станций; на 60 маршрутах проводятся маршрутные снегомерные съемки.

Стандартные элементы, которые измеряются (наблюдаются) и в дальнейшем используются при гидрологическом прогнозировании и обслуживании: уровень и расход воды; температура воды и воздуха; осадки; ледовые явления, толщина ледового покрова, высота снега на нем; высота снегового покрова и запас воды в нем; скорость и направление ветра; влажность воздуха.

На Днестровском водохранилище функционирует 7, на буферном водохранилище 3 озерных гидрологических поста (ОГП), которые подчиняются О Новоднестровск. Постоянный контроль уровней воды в верхнем и нижнем бьефах ГЭС обеспечивается персоналом О Новоднестровск через измерения на ОГП Новоднестровск – верхний бьеф и ОГП Новоднестровск – нижний бьеф.

Озерная станция Новоднестровск – это специализированная гидрометеорологическая организация. Она выполняет комплекс стандартных и специальных гидрометеорологических наблюдений и работ на водохранилище и реках, которые впадают в него; обобщает гидрометеорологические данные; составляет фактический водный баланс Днестровского водохранилища; ведет учет притока воды к водохранилищу и контроль учета стока на ГЭС; а также принимает участие в специальных исследованиях по изучению режима Днестровского водохранилища.

Детальное изучение фактического режима Днестровского водохранилища обеспечивается проведением О Новоднестровск наблюдений и измерений в открытой его части на рейдовых вертикалях, термических и ледовых профилях, отбором проб воды на химический анализ и химическое загрязнение, определением мутности и гидробиологических показателей водной массы. К специальным работам относятся также наблюдение за образованием и развитием заторно-зажорных явлений в верхней части водохранилища-

**Обобщение гидрометеорологических данных.** Обобщение материалов гидрометеорологических наблюдений по элементам гидрологического режима и водного баланса Днестровского водохранилища входит в обязанности гидрометеорологических организаций ГСЧС Украины и регламентируется Водным Кодексом Украины, соответствующими ведомственными нормативными документами и положениями.

#### **5.4 Современное состояние гидрологического прогнозирования притока воды к Днестровскому водохранилищу**

Основной характеристикой, которая определяет установление и ведение режима работы Днестровского водохранилища, является приток воды к нему – фактический и прогнозируемый на определённые промежутки времени. Фактический суммарный приток воды к водохранилищу  $Q_{сум}$  по формуле (1) состоит из основного  $Q_{осн}$ , который поступает по Днестру (рассчитывается как расход воды в створе гидрологического поста Залещики) и бокового  $Q_{б}$ , который формируется стоком рек, впадающих в водохранилище на участке Залещики - створ плотины Днестровской ГЭС 1, то есть:

$$Q_{сум} = Q_{осн} + Q_{б} \quad (1).$$



**Рис.6** Схема расположения гидрологических постов в регионе Днестровского водохранилища.

В настоящее время прогноз бокового притока  $Q_b$  вычисляется как сумма расходов воды семи рек в створах гидрологических постов с учетом коэффициентов, которые учитывают промежуточную (дополнительную приточность), то есть:

$$Q_b = 2,74Q_{C-BB} + 4,41Q_{H-C} + 9,40Q_{Ж-К} + 2,70Q_{C-K} + 4,10Q_{У-З} + 7,10Q_{М-МС} + 3,04Q_{З-В} \quad (2),$$

где  $Q$  расходы воды, соответственно,

$Q_{C-BB}$  – расходы воды р. Серет в створе гидрологического поста Великая Березовица;

$Q_{H-C}$  – р. Ничлава в створе гидрологического поста Стрелковцы;

$Q_{Ж-К}$  – р. Жванчик в створе гидрологического поста Кугаевцы;

$Q_{C-K}$  – р. Смотрич в створе гидрологического поста Купин;

$Q_{У-З}$  – р. Ушица в створе гидрологического поста Зиньков;

$Q_{М-МС}$  – р. Мукша в створе гидрологического поста Малая Слободка;

$Q_{З-В}$  – р. Збруч в створе гидрологического поста Волочиск;

Гидрологическое обслуживание потребителей на Днестровском водохранилище предусматривает предоставление данных о фактическом (прошлом и текущем) и ожидаемом гидрометеорологическом режиме. Порядок, формы, объёмы и условия предоставления заинтересованным потребителям гидрометеорологических данных и прогнозов определяется отдельными Договорами на гидрометобслуживание между организациями гидрометслужбы и организациями – потребителями.

Информирование о текущем режиме водных объектов бассейна Днестра и Днестровского водохранилища, как правило, предусматривает предоставление данных о равных расходах воды и суточных суммах осадков в определенных пунктах.

Гидрологические прогнозы изменения водности Днестра, притока воды к Днестровскому водохранилищу и предупреждения (оповещения) о резких изменениях гидрологического режима являются одним из необходимых условий планирования работы водохранилища, рационального и сбалансированного использования его ресурсов в интересах всех участников водохозяйственного комплекса. Качественные и своевременные прогнозы притока также необходимы для безаварийного пропуска высоких паводков и весеннего половодья через Днестровское водохранилище и по нижнему Днестру (в пределах территорий Республики Молдова и Одесской области Украины).

Виды гидрологических прогнозов, их заблаговременность и точность определяются физико-географическими особенностями бассейна Днестра и генетическими условиями формирования речного стока в разных частях его водосбора.

Бассейн Днестра по условиям питания, орографическим и климатическими особенностями делится на Карпатскую, Вольно-Подольскую и нижнюю южную части.

Основной приток воды к Днестровскому водохранилищу формируется в Карпатской части водосбора в границах Передкарпатского гидрологического района. Для рек этой части бассейна характерным является четко выраженный паводковый режим: паводки формируются неоднократно в течение всего года как вследствие выпадения сильных и очень сильных дождей, ливней (дождевые паводки), так и вследствие интенсивного снеготаяния во время зимних оттепелей (тало-дождевые паводки). Общее повышение водности происходит также в весенний период вследствие общего снеготаяния, которое нередко сопровождается осадками разной интенсивности и продолжительности (весеннее половодье).

Прогнозирование основного притока воды к Днестровскому водохранилищу при таких особенностях формирования режима в значительной мере определяется возможностями и детальностью прогнозирования параметров погоды (количества осадков, их интенсивности, продолжительности и хода температуры воздуха).

Боковой приток воды к Днестровскому водохранилищу формируется стоком рек Вольно-Подольской части бассейна в границах Подольского гидрологического района. В гидрографах стока боковых притоков к водохранилищу, как правило, четко выделяется весеннее половодье и период межени, которая может прерываться невысокими и нечастыми дождевыми (тало-дождевыми) паводками. Поскольку сток верхней Карпатской части Днестра составляет в среднем 70 % стока всей реки, то паводковый режим сохраняется на всей ее длине и именно это обстоятельство в значительной мере ограничивает точность и заблаговременность гидрологических прогнозов.

Гидрологическое прогнозирование водного и ледового режима водных объектов бассейна Днестра до г. Могилев-Подольский осуществляют: Украинский гидрометцентр (долгосрочные и краткосрочные прогнозы притока) и Львовский региональный центр по гидрометеорологии (таблица 1).

**Таблица 1 – Гидрологические прогнозы и предупреждение, которые составляются гидрометеорологическими организациями для обеспечения эксплуатации Днестровского водохранилища и ГЭС**

№ п/п	Виды прогностических материалов	Заблаговременность	Сроки выпуска	Организация, которая составляет
1	2	3	4	5
Долгосрочные прогнозы и консультации				
1.	Прогноз среднего притока воды:			
1.1.	- за период март-апрель	61 сутки	1 марта	УкрГМЦ
1.2.	- за март	31 сутки	1 марта	УкрГМЦ
1.3.	- за апрель	30 суток	1 апреля	УкрГМЦ
2.	Консультация среднего месячного притока на май-декабрь	28-31 сутки	1 число месяца, на который составлен прогноз	УкрГМЦ
3.	Прогноз объема суммарного притока воды за период весеннего половодья	До 60 суток	25 февраля	УкрГМЦ
4.	Консультация по возможной величине	До 30 суток	25 февраля	УкрГМЦ

	максимального расхода воды весеннего половодья Днестра в створе поста Залещики			
Краткосрочные прогнозы и предупреждения				
5.	Прогноз среднего суточного притока (расходы) воды:			
5.1.	- суммарного	1-2 суток	ежедневно	УкрГМЦ
5.2.	- бокового на участке Залещики – створ Днестровской ГЭС	1 сутки	ежедневно	УкрГМЦ
5.3.	-в створе Залещики	1-2 суток	ежедневно	УкрГМЦ
5.4.	-в створе Галич	1 сутки	ежедневно	УкрГМЦ
6.	Штормовые предупреждения о развитии паводков, весеннего половодья, заторно-зажорных явлений на реках бассейна Днестра	До 1-2 суток	По мере возникновения условий и развития явлений	Львовский РЦГМ
7.	Прогноз максимального уровня (расходы) воды Днестра в створе поста Залещики во время паводков и весеннего половодья	6-36 ч.	Во время развития паводков и половодья	Львовский РЦГМ

## 5.5 Требования к информации, представляемой исполнителям для проведения работ

### 5.5.1 Гидрометрические данные

Для внедрения современной гидравлической модели расчета трансформации паводочного стока в русле Днестра и Днестровском водохранилище исполнителям представляются имеющиеся данные в соответствующих украинских ведомствах, которые в дальнейшем будут пользоваться результатами проекта (например, измеренные поперечные сечения соответствующих водных объектов).

После изучения собранных материалов на начальном (трехмесячном) этапе выполнения проекта исполнителем будут подготовлены предложения заказчику о необходимости проведения измерений дополнительных поперечников в ходе выполнения проекта.

### 5.5.2 Данные гидрометеорологических наблюдений

Данные гидрологических постов (выше Могилева-Подольского) и метеостанций, а также информация об экстремальных паводках в пределах бассейна Днестра, которые необходимы для тестирования и калибровки гидрологических и метеорологической моделей в период 1998-2015 гг., будут подготовлены УкрГМЦ в форматах и периодичности, требования к которым будут разработаны исполнителями на начальном (трехмесячном) этапе выполнения проекта.

### 5.5.3 Данные о сбросах Днестровской ГЭС и планируемых режимах ее эксплуатации

Данные о среднесуточных сбросах Днестровской ГЭС за период 1998-2015 гг. должны быть подготовлены УкрГМЦ.

Существующие и разрабатываемые Правила эксплуатации Днестровского гидроузла должны быть предоставлены НЭК Укрэнерго и Госводагенством Украины.

## 6 ТРЕБОВАНИЯ К ИСПОЛНИТЕЛЯМ РАБОТЫ

### 6.1 Общие требования к организациям-исполнителям работ

Организации-исполнители (далее Исполнители) должны иметь необходимый опыт выполнения аналогичных работ, подготовленный высококвалифицированный персонал специалистов гидрометеорологов и программистов, и опыт разработки и внедрения прогностических гидрометеорологических систем в Украине.

Исполнитель работ по заданию договора

*Раздел 1: разработать численную модель оперативного прогноза погоды для региона Прикарпатья, покрывающего верхнюю часть бассейна р. Днестр до замыкающего створа г. Могилев-Подольский на срок до 5 суток с периодичностью обновления 12 часов.*

должен иметь опыт внедрения в Украине модели численного прогноза погоды (WRF или аналогичной, прошедшей тестирование при международном использовании)

Исполнитель работ по заданиям договора

*Раздел 2: разработать программную систему формирования дождевого стока в верхней части бассейна р.Днестр до замыкающего створа г Могилев -Подольский на основе распределенной физически обоснованной гидрологической модели «осадки - сток».*

*и Раздел 3: разработать гидравлическую одномерную модель трансформации речного стока (наводковых волн) в речных руслах и в Днестровском водохранилище.*

должен иметь опыт разработки и внедрения в Украине распределенных и физически обоснованных водосборных гидрологической моделей «осадки – сток» (TOPKAPI, DHSVM или аналогичных, прошедших тестирование при международном использовании), интегрированных с моделями речной гидравлики, основанных на уравнениях Сен-Венана.

Исполнитель работ по Заданию договора

*Раздел 4: разработать блок «Верхний Днестр» в составе комплекса гидрологического прогнозирования Украинского гидрометцентра и Львовского РЦГМ.*

должен иметь в своем составе коллектив квалифицированных программистов, имеющих опыт разработок графических интерфейсов пользователя и интегрированных систем поддержки принятия решений по гидрометеорологическим проблемам в современных объектно-ориентированных технологиях программирования.

## **6.2 Требования к вычислительным мощностям - компьютерному оборудованию исполнителей**

В связи с тем, что конечный пользователь разрабатываемой прогностической системы «Модель Верхний Днестр – Метео» (Модель «ВДМ») - УкрГМЦ не имеет в настоящее время вычислительных мощностей для оперативного использования ВДМ, исполнитель по Разделу 1 – разработчик ВДМ должен

- на момент старта проекта располагать вычислительными мощностями, позволяющими проводить прогностические расчеты ВДМ каждые 12 часов на 5 суток за расчетное время, не превышающее 4-х часов;
- гарантировать, что выделенное на начальном этапе работ под ВДМ компьютерное оборудование (или аналогичное или более мощное) будет продолжать использоваться для эксплуатации ВДМ и передачи результатов регулярных оперативных прогностических расчетов в УкрГМЦ на протяжении 5 лет после завершения проекта;
- гарантировать или бесплатную передачу ВДМ в УкрГМЦ по истечению указанного 5-летнего срока или, по согласованию сторон (Исполнитель Раздела 1 – Конечный пользователь УкрГМЦ), заключения соглашения с УкрГМЦ о продлении Исполнителем бесплатной эксплуатации ВДМ в интересах УкрГМЦ на следующий пятилетний период.

В связи с тем, что программные системы «Модель Верхний Днестр «Осадки- Сток» (Модель «ВДОС» ) и «Модель Верхний Днестр «Гидравлика» ( Модель «ВДГ» ), разработанные в рамках Заданий 2 и 3 проекта, должны быть установлены на оборудовании бенефициара проекта УкрГМЦ, как единый программный комплекс, Исполнитель по разделам 2 и 3 должен располагать на момент начала проекта компьютерным оборудованием необходимым для разработки и тестовой эксплуатации программного комплекса.

## 7 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Программная система прогнозирования притока к Днестровскому водохранилищу по научно-техническому уровню метеорологических, гидрологических и гидравлических моделей, которые будут положены в основу прогностического программного комплекса, должна соответствовать моделям, которые будут внедряются и используются в настоящее время в соседних с Украиной странах ЕС (Румыния, Словакия, Польша, Венгрия) и разрабатываются для других бассейнов Украинского Прикарпатья (рек Прут и Серет в рамках финансируемого ЕС украинско-молдавско-румынского проекта East Avert). Тем самым должны быть обеспечены:

- гармонизация технологических платформ прогнозирования гидрологических режимов во всех частях бассейнов Прикарпатья и Закарпатья;
- эффективное использование при прогностическом моделировании как данных автоматизированных гидрологических и метеорологических станций, которые существуют и будут установлены в бассейне Днестра, так и данных регулярной сети гидрометеорологических наблюдений;
- эффективное использование для задач прогнозирования распределенной картографической информации ГИС систем и цифровых карт Прикарпатья, создаваемых в Украине в последние годы;
- современный уровень точности метеорологического и гидрологического прогнозирования;
- возможность эффективного обмена данными прогнозирования между странами бассейнов Карпатского региона.

### Метеорологические модели

В соседних с Украиной странах ЕС проводится прогнозирование, в том числе осадков, для задач гидрологического прогнозирования на основе современных численных моделей прогноза погоды таких как ALLADIN (разработчик консорциум, возглавляемый METEO- France), WRF (open source model NCEP/NCAR и других организаций, в основном США), COSMO (одноименный консорциум, возглавляемый Deutscher Wetterdienst и MeteoSwiss) и др. В Украине оперативные прогнозы на основе WRF осуществляются УкрГМИ и ИПММС НАН/УЦЕВП.

В рамках проекта East Avert для региона, покрывающего бассейны Прута и Серета модель WRF с детализированным разрешением 3\*3 км прошла верификацию и будет внедрена в г. Черновцы до конца 2015 г.

### Распределенные физически обоснованные водосборные гидрологические модели «осадки-сток»

Модели такого класса используют в расчетах на вычислительной сетке, покрывающей водосбор, географическую распределенную информацию (цифровые карты топографии, землепользования (типов растительности) и типов почв. При этом перетоки воды между ячейками расчетной сетки рассчитываются на основе уравнений, основанных на физических законах движения воды по поверхности и в подповерхностном среде. Практическое использование таких моделей стало возможным, благодаря развитию современных ГИС методов и методов компьютерных вычислений. И в последние десятилетия эти модели стали основным инструментом гидрологического прогнозирования в странах ЕС (например, европейская система прогнозирования наводнений Объединенного центра исследований ЕС ISPRA) и в США (например, прогностическая система американского гидрометеорологического агентства NOAA). В рамках проекта East Avert для бассейнов рек Прут и Серет внедряются распределенные водосборные модели, являющиеся украинскими программными системами, разработанными на основе модели TOPKAPI (Италия и другие страны ЕС) и DHSVM (США).

### Гидравлическая одномерная модель трансформации речного стока (паводковых волн) в речных руслах и водохранилищах

Такие модели прогнозируют на период расчета динамику средних по сечению реки (водохранилища) уровней воды, скоростей течений и, соответственно их произведения, - расходы



воды. Современным стандартом научного уровня таких моделей является использование программных кодов численного решения уравнений Сен-Венана вдоль речных русел. Примером таких известных моделей программных систем являются HEC - RAS (США), MIKE-11 (Дания) и SOBEK (Нидерланды). В рамках проекта East Avert для основных русел рек Прут и Серет используется украинская модель такого класса РИВТОКС, интегрированная с водосборными моделями «осадки - сток». РИВТОКС внедрялся и тестировался для равнинных рек и водохранилищ Украины, использовался для моделирования рек Днестр ниже Могилева-Подольского в рамках проекта «ДНЕСТР- III», а также использовался для других стран, так как интегрирован в европейскую систему реагирования на радиационные аварии – РОДОС.

Представленные в заданиях требования к методикам прогнозирования притока к Днестровскому водохранилищу обусловлены описанным выше уровнем гидрометеорологического моделирования в соседних странах и уровнем моделей внедряемых в Украине в рамках других международных проектов.

## 8 ЭТАПЫ РАБОТЫ, ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ И ТРУДОЗАТРАТЫ

График этапов проведения работ (в месяцах с даты начала работ в июне 2015 г.) с указанием трудозатрат в человеко-месяцах на каждый этап

Задание	Исполнитель	Месяц												всего	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1. Разработать численную модель оперативного прогноза погоды для региона Прикарпатья, покрывающего верхнюю часть бассейна р. Днестр до замыкающего створа г. Могилев-Подольский на срок до 5 суток с периодичностью обновления 12 часов, использующую детализацию расчетной сетки до горизонтальных размеров шага сетки в горных областях, обеспечивающих точность прогноза осадков, адекватную современным прогностическим технологиям численного метеопрогнозирования. – («Модель Верхний Днестр – Метео» (Модель ВДМ)	Шпиг В.М. Будак И.В. Клебанов Д.А. Осадчий В.В. Набиванец Ю.Б. Поперечный П.К.														
1.1. Настройка модели WRF на выбранный регион и анализ влияния шага сетки в горных районах на точность прогноза осадков по данным метеонаблюдений для выбора размеров расчетной сетки в области метеопрогнозирования	Шпиг В.М., Будак И.В.														
1.2. Тестирование полей осадков, рассчитываемых Моделью ВДМ, по данным наблюдений в периоды экстремальных паводков 1998, 2008, 2010 гг. и высоких дождевых паводков 2011-2015 гг. и соответствующая калибровка параметров модели по результатам тестирования	Шпиг В.М., Будак И.В., Набиванец Ю.Б.														
1.3. Подготовка прогностической метеосистемы для работы в автоматизированном режиме 1 раз в двенадцать часов и обеспечения поступления результатов метеопрогнозирования в Укргидрометцентр для дальнейшего использования моделью формирования дождевого стока в бассейне	Клебанов Д.А. Осадчий В.В.														
1.4. Разработка интерфейса отображения результатов расчетов Модели ВДМ с учётом потребностей оперативного прогнозирования в УкрГМЦ и Львовском РЦГМ.	Будак И.В., Поперечный П.К.														
1.5. Проведение совместно с УкрГМЦ оценки оправданности Модели ВДМ по методике УкрГМЦ	Шпиг В.М., Набиванец Ю.Б.														
<i>Всего, месяцев</i>															<b>32</b>
2. Разработать программную систему формирования дождевого стока верхней части бассейна р. Днестр до замыкающего створа г. Могилев-Подольский на основе распределенной физически обоснованной гидрологической модели «осадки-сток» «Модель Верхний Днестр «Осадки-Сток» (Модель ВДОС) для прогноза боковой	А. Бойко														





## **9 ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И РЕАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ**

В результате выполнения работы будут получены:

1. Численная модель оперативного прогноза погоды для региона Прикарпатья, покрывающего верхнюю часть бассейна р. Днестр до замыкающего створа г. Могилев-Подольский на срок до 5 суток с периодичностью обновления 12 часов. При этом будет использована детализация расчетной сетки до горизонтальных размеров шага сетки в горных областях, обеспечивающих точность прогноза осадков, адекватную современным прогностическим технологиям численного метеопрогнозирования. (Модель Верхний Днестр – Метео) (Модель «ВДМ»).

Результаты прогноза погоды в бассейне р. Днестр для заинтересованных пользователей в Украине и Молдове будут представлены в виде карт (в пределах всей области моделирования), графиков и таблиц, включая интерпретацию модельных результатов в точках нерегулярной сетки (метеостанции, гидрологические посты, населенные пункты и т.п.), а также расчётные средние значения метеорологических величин в пределах бассейна.

2. Программная система формирования дождевого стока в верхней части бассейна р. Днестр до замыкающего створа г. Могилев-Подольский (на основе распределенной физически обоснованной гидрологической модели «осадки - сток» «Модель Верхний Днестр «Осадки- Сток» (Модель «ВДОС» ), беря за основу информацию сети гидрометеорологических наблюдений, прогностической информации модели ВДМ и передачи прогноза бокового притока).

3. Программная система на основе гидравлической одномерной модели трансформации речного стока (паводковых волн) в речных руслах и в Днестровском водохранилище, которая прогнозирует динамику средних по сечению уровней воды, скоростей течений и, соответственно, их произведения (расходов воды на период расчета) и основывается на уравнениях Сен-Венана («Модель Верхний Днестр – Гидравлика» (Модель «ВДГ»).

4. «Верхний Днестр» в составе комплекса гидрологического прогнозирования УкрГМЦ и Львовского РЦГМ

5. Система подготовки результатов прогноза притока к Днестровскому водохранилищу на веб-сайте УкрГМЦ для использования заинтересованными пользователями в Молдове и Украине.

6. Будет проведено обучение пользователей работе с системами «Верхний Днестр - Метео, Осадки-Сток и Гидравлика», включая проведение учебных семинаров.

## **10 МАТЕРИАЛЫ, КОТОРЫЕ ПРЕДОСТАВЛЯЮТСЯ ПО ОКОНЧАНИЮ РАБОТЫ И ЕЕ ЭТАПОВ:**

По итогам проведенных исследований представляются результаты в виде внедренных программных комплексов, описанных в предшествующем разделе и технической документации:

1. описание моделей и программных комплексов;
2. руководства пользователя;
3. технические отчеты о результатах калибровки моделей по данным метеорологических и гидрологических наблюдений;
4. протоколы оценки оправданности прогнозов осадков, притока к Днестровскому водохранилищу и расходов воды в створах гидрологических постов.

## **11 ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ:**

Результаты выполнения заданий должны быть оформлены Исполнителем на бумажном и электронном носителях информации и представлены Заказчику в установленные сроки.

Изложение текста и оформление работ следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 – 2001: информация, представляемая на электронном носителе, должна быть в форматах Microsoft Word, Microsoft Excel, MapInfo (не ниже версии 7.0), позволяющих осуществлять копирование и чтение (версия на русском языке в формате .pdf или .tif с параметрами разрешения при сканировании не ниже 300 dpi).