МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА И ЕЕ АПРОБАЦИЯ НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ ДНЕСТР

Методика, как и расчет водохозяйственного баланса для бассейна реки Днестр, выполнены общей молдо-украинской группой экспертов, включая Василия Гребеня, Виталия Мокина, Евгения Крижановского, Германа Беженару, Ореста Мельничука, Анатолия Завадского, Виктора Бужака, Веру Балабух, Андрея Ящолта и Любовь Скорину, в рамках компонента «Изменение климата и безопасность в бассейне реки Днестр» проекта «Изменение климата и безопасность в Восточной Европе, Центральной Азии и на Южном Кавказе», выполняемого Европейской экономической комиссией ООН и Организацией по безопасности и сотрудничеству в Европе под эгидой инициативы «Окружающая среда и безопасность» (ENVSEC), при финансовой поддержке Инструмента стабильности Европейского Союза и Австрийского агентства развития.

2017

ВВЕДЕНИЕ

Водохозяйственные балансы входят в состав документов «Планов управления речными бассейнами» и являются основанием для определения состава водохозяйственных и водоохранных мероприятий «Плана…», очередности их реализации. Расчет водохозяйственного баланса должен производится для всего района речного бассейна, суббассейнов и отдельных водохозяйственных участков с целью оценки количества и степени освоения доступных для использования водных ресурсов при разных условиях водности рек [5].

Водохозяйственный баланс (ВХБ) является основой территориального управления пользованием водными ресурсами и учитывает: взаимосвязь и взаимозависимость водных ресурсов по количеству (объему), качеству и режиму в границах района речного бассейна в целом или его отдельного участка; изменчивый характер стока и его склонность к многолетним и сезонным колебаниям; использование водных объектов как приемников сточных вод, обуславливающих изменения свойств воды и необходимость обеспечения санитарных норм в реке; комплексный характер использования водных ресурсов, оптимизация распределения которых особенно необходима в маловодные годы [3].

На основе ВХБ решаются вопросы правильного использования водных ресурсов определенного района речного бассейна или его части, разрабатываются планы использования водных ресурсов в условиях эксплуатации действующих водохранилищ, вносятся предложения о проведении определенных водохозяйственных мероприятий (регулирования речного стока новыми водохранилищами, перераспределение стока между бассейнами и т. п.).

Водохозяйственные участки представляют собой минимальные части речных бассейнов (минимальные учетные единицы), используемые при составлении водохозяйственных балансов, и достаточные (с позиции обеспечения устойчивого водопользования и охраны водных объектов) для

определения лимитов забора воды, лимитов сбросов сточных вод, других параметров использования водных объектов или их частей, расположенных в границах конкретных водохозяйственных участков [5].

«Методика расчета водохозяйственного баланса» (далее – Методика) предназначена для расчета водохозяйственных балансов по районам речных бассейнов, суббасейнам и водохозяйственным участкам с целью оценки количества и степени использования доступных для использования водных ресурсов при разных условиях водности водных объектов.

Перечень водохозяйственных участков и расчетных замыкающих створов устанавливается при водохозяйственном районировании территории страны или бассейна реки [4].

РАЗДЕЛ 1. СТРУКТУРА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА, МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЕГО РАСЧЕТА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СОСТАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕЧНОГО БАССЕЙНА

1.1 Терминологическая база Методики

В настоящей Методике используются следующие основные термины и определения:

Термины и определения, используемые в Методике:

- **район речного бассейна** – главная единица управления в сфере использования и охраны вод и воспроизведения водных ресурсов, состоящая из речного бассейна (соседствующих речных бассейнов) и связанных с ними подземных водных объектов и лиманов в границах территории суши;
- **суббассейн** – часть речного бассейна, сток воды из которой через связанные водоемы и водотоки осуществляется в главную реку бассейна или в водохозяйственный участок ниже по течению;
- **водные ресурсы** – поверхностные и подземные воды, которые находятся в водных объектах и используются или могут быть использованы;
- **водный режим** – изменение во времени уровня, расходов и объемов воды в водном объекте;
- **водопользование** – использование вод (водных объектов) для удовлетворения потребностей населения, промышленности, сельского хозяйства, транспорта и других отраслей хозяйства, включая право на забор воды, сброс возвратных (в т.ч. сточных) вод и другие виды использования вод (водных объектов);
- **водохозяйственный участок** – часть речного бассейна, имеющая характеристики, позволяющие разрабатывать водохозяйственные балансы, устанавливать лимиты забора и изъятия водных ресурсов из водного объекта и другие параметры использования водного объекта (водопользования);

- **водохозяйственный баланс** – расчет потребностей водопользователей в водных ресурсах по сравнению с доступными для использования водными ресурсами в границах районов речных бассейнов, суббассейнов, водохозяйственных участков при различных условиях водности;
- **забор воды** – изъятие для использования воды из водного объекта с помощью технических приспособлений или без них;
- **возвратные (в т.ч. сточные) воды** – вода, возвращающаяся при помощи технических сооружений и средств из хозяйственного звена кругооборота воды в его природные составляющие в виде сточной, шахтной, карьерной или дренажной воды.

1.2 Материалы для расчета водохозяйственных балансов

Водохозяйственным балансом (ВХБ) называют расчет потребностей водопользователей в водных ресурсах по сравнению с доступными для использования водными ресурсами в пределах районов речных бассейнов, суббассейнов, водохозяйственных участков при различной водности. Водохозяйственный баланс определяет соотношение доступных водных ресурсов (объемов поверхностных и подземных вод, доступных для многолетнего гарантированного использования при существующем и проектируемом составе водохозяйственного комплекса) и расчетного водопотребления [3].

Материалы, необходимые для расчета водохозяйственного баланса района речного бассейна, включают:

1. Геоинформационную систему (ГИС) территории района речного бассейна со схемой водохозяйственного районирования этой территории, цифровой матрицей высот рельефа (ЦМР) и такими слоями:
   - реки, водохранилища, пруды;
   - суббассейны, водохозяйственные участки (ВХУ);

- места поступления в реку возвратных (в т.ч. сточных) вод и водозаборов;
- государственные границы;
- основные населенные пункты;
- посты гидрологического мониторинга расходов воды, расположенные на границе водохозяйственных участков или находящиеся максимально близко к ней;
- метеорологические посты, расположенные возле замыкающего створа каждого водохозяйственного участка или находящиеся максимально близко к ним;
- каналы и водопроводы для переброски воды между водохозяйственными участками;

2. Характеристику гидрологического режима водных объектов данного района речного бассейна за многолетний период;
3. Расчетные величины водных ресурсов в створах гидрологических постов, расположенных в пределах данного района речного бассейна;
4. Расчетное обоснование лимитирующих периодов на водотоках данного района речного бассейна;
5. Результаты оценки однородности рядов наблюдений на метеорологических станциях и гидрологических постах данного района речного бассейна с использованием статистических и гидролого-генетических методов;
6. Расчетные значения величин испарения с водной поверхности, величин фильтрации из водохранилищ и прудов для каждого водохозяйственного участка; величин санитарно-экологического попуска для створов гидрологических постов, расположенных в пределах данного района речного бассейна;
7. Величины потребностей в воде на данном этапе развития водохозяйственного комплекса.

Детализация (или генерализация) и актуализация пространственных данных ГИС определяется особенностями бассейна реки и назначением этой ГИС – если она используется для автоматического определения составляющих баланса по ней (определение площади водоемов при расчете испарения с них; идентификация сбросов воды и водозаборов, относящихся к каждому ВХУ и т.п.), тогда детализация должна быть максимальной, а если ГИС используется только для визуализации схемы водохозяйственного районирования, тогда детализации и актуализации данных предъявляются меньшие требования.

Исходная информация, необходимая для разработки водохозяйственных балансов:

- данные о районе речного бассейна, главной реке и ее притоках;

- гидрологическая изученность: расположение гидрологических постов, гидрологические характеристики в створах постов, в том числе среднемесячные и среднегодовые расходы воды за период наблюдений;

- метеорологическая изученность: расположение постов и станций, метеорологические характеристики (температура воздуха, осадки, испарение) за период наблюдений;

- данные о режиме и балансе подземных вод, эксплуатационных ресурсах подземных вод;

- расположение, нормативные потребности в воде и водоотведении хозяйственных объектов; обеспеченность водопользования для отдельных отраслей, а также величины санитарно-экологического попуска воды;

- структура водохозяйственной системы (ВХС) и водохозяйственного комплекса (ВХК) в целом, системы подачи воды потребителям (системы водоснабжения) и отведения использованных вод (системы канализации), их параметры;

- существующие системы внутри- и межбассейнового перераспределения водных ресурсов и их параметры;

- существующие водохранилища и пруды, их расположение, параметры, правила регулирования стока;

- существующие гидроэлектростанции, их расположение, состояние, установленная мощность, гидроэнергетические попуски, обеспеченность попусков.

1.3 Структура водохозяйственного баланса

Структура водохозяйственного баланса включает приходную и расходную части, а также результат водохозяйственного баланса. Определенные составляющие баланса отражают инженерные решения, связанные с рациональным водопользованием, регулированием стока и его территориальным перераспределением. Результат водохозяйственного баланса характеризуется наличием резервов или дефицитов стока.

Для расчета водохозяйственного баланса водохозяйственного участка (ВХУ) используется следующее **уравнение** (в единицах объема воды за расчетный период):

$$ВХБ = W_{вх} + W_{мест} + W_{пзв} + W_{вв} \pm W_{п} \pm \Delta V - W_{исп} - W_{ф} - W_{у} - W_{пов} - W_{сэп}, \quad (1)$$

где $ВХБ$ – результат водохозяйственного баланса; $W_{вх}$ – объем стока, поступающий за расчетный период с вышележащих ВХУ; $W_{мест}$ ($W_{бок}$) – объем местного стока (бокового притока), формирующийся в пределах ВХУ; $W_{пзв}$ – объем водозабора из подземных водных объектов в пределах ВХУ; $W_{вв}$ – объем возвратных вод на расчетном ВХУ; $\pm W_{п} = W_{дот} - W_{пер}$ – объем воды в пределах ВХУ, полученный в виде дотаций (+) ($W_{дот}$), или отданный (–) ($W_{пер}$) за счет внешних и внутрибассейновых переброс стока; $\pm\Delta V$ – сработка (+) или наполнение (–) водохранилищ и прудов в пределах ВХУ; $W_{исп}$ – потери на дополнительное испарение с поверхности водохранилищ и прудов в пределах ВХУ; $W_{ф}$ – фильтрационные потери из водохранилищ и прудов; $W_{у}$ – уменьшение речного стока, вызванное водозабором из подземных вод, имеющих гидравлическую связь поверхностными водными объектами; $W_{пов}$ – забор из поверхностных водных объектов в пределах ВХУ; $W_{сэп}$ – величина

санитарно-экологического попуска в замыкающем створе ВХУ (иногда ее еще называют комплексный попуск).

К приходной части баланса относятся составляющие водохозяйственного баланса со знаком (+), а к расходной – со знаком (-) [3]. Составляющие со знаком (±) принимаются в зависимости от конкретных условий каждого расчетного периода. Размерность составляющих водохозяйственного баланса принимается в млн. $м^3$. Водохозяйственные балансы водохозяйственных участков представляется в месячном разрезе. Отрицательный результат баланса хотя бы в одном расчетном интервале (месяце) характерного года свидетельствует о наличии дефицита на данном водохозяйственном участке.

Расчет водохозяйственного баланса осуществляется по расчетным створам, являющимся замыкающими для вышерасположенных частей речного бассейна. За начало расчетного интервала водохозяйственного года, как правило, принимается момент наступления наиболее многоводного сезона (половодья).

Ресурсная составляющая водохозяйственного баланса включает поверхностный сток ($W_{вх} + W_{мест}$) и подземные воды ($W_{пзв}$).

Для расчета ресурсной составляющей необходимо:

- определить количество действующих гидрологических постов в пределах данного района речного бассейна, по которым есть репрезентативные ряды данных о расходах воды;

- с помощью инженерно-гидрологических методов произвести расчет величины водных ресурсов в створах гидрологических постов, расположенных в пределах района речного бассейна;

- обосновать лимитирующие периоды для рек данного района речного бассейна и выразить их через обеспеченность (50, 75 и 95%);

- произвести расчет параметров водных ресурсов в привязке к замыкающим створам водохозяйственных участков (учет дополнительных площадей);

- произвести оценку величины подземных водных ресурсов в пределах района речного бассейна.

1.4 Последовательность составления водохозяйственного баланса для района речного бассейна

Последовательность составления водохозяйственного баланса для района речного бассейна следующая:

1. Расчет водохозяйственного баланса района речного бассейна проводят с первого (от истока главной реки района речного бассейна) водохозяйственного участка. Далее расчеты выполняются для водохозяйственных участков по течению главной реки района речного бассейна (от истока к устью), включая водохозяйственные участки суббассейнов.

2. В пределах каждого водохозяйственного участка определяется объем и режим безвозвратного водопотребления, который в сумме с санитарно-экологическим попуском (транзитным стоком) сопоставляется с объемом и режимом водных ресурсов в замыкающем створе. В результате сопоставления определяется величина притока к водохозяйственному участку, расположенному ниже.

3. Ресурсная составляющая водохозяйственного участка, расположенного ниже, определяется суммированием притока сверху со стоком, формирующимся на данном водохозяйственном участке (местный сток). Величина местного стока определяется как разность объемов стока в замыкающем и входном створах в принятых расчетных интервалах времени.

4. На основании полученных водохозяйственных балансов для каждого створа устанавливаются дефицитные водохозяйственные участки, а также участки с резервом водных ресурсов.

5. Водохозяйственный баланс рассчитывается для различных календарных лет расчетного гидрологического периода. Обычно принимаются годы: средний по водности – обеспеченностью 50%, маловодный – обеспеченностью 75% и очень маловодный – обеспеченностью 95%.

6. В пределах водохозяйственных участков, где установлен дефицит водных ресурсов, рассматриваются различные варианты повышения водообеспеченности участников водохозяйственного комплекса путем: создания дополнительных регулирующих емкостей, строительства или реконструкции систем территориального перераспределения стока и т.п.

7. Расчеты водохозяйственных балансов для всех водохозяйственных участков, суббассейнов и района речного бассейна в целом проводятся в табличной форме в соответствии с расчетными уровнями (сценариями развития водопотребления) и вариантами водохозяйственных мероприятий [5].

Согласованная экспертами Украины и Молдовы (включая Приднестровье) схема водохозяйственного районирования района речного бассейна Днестра представлена на рис. 1.1.

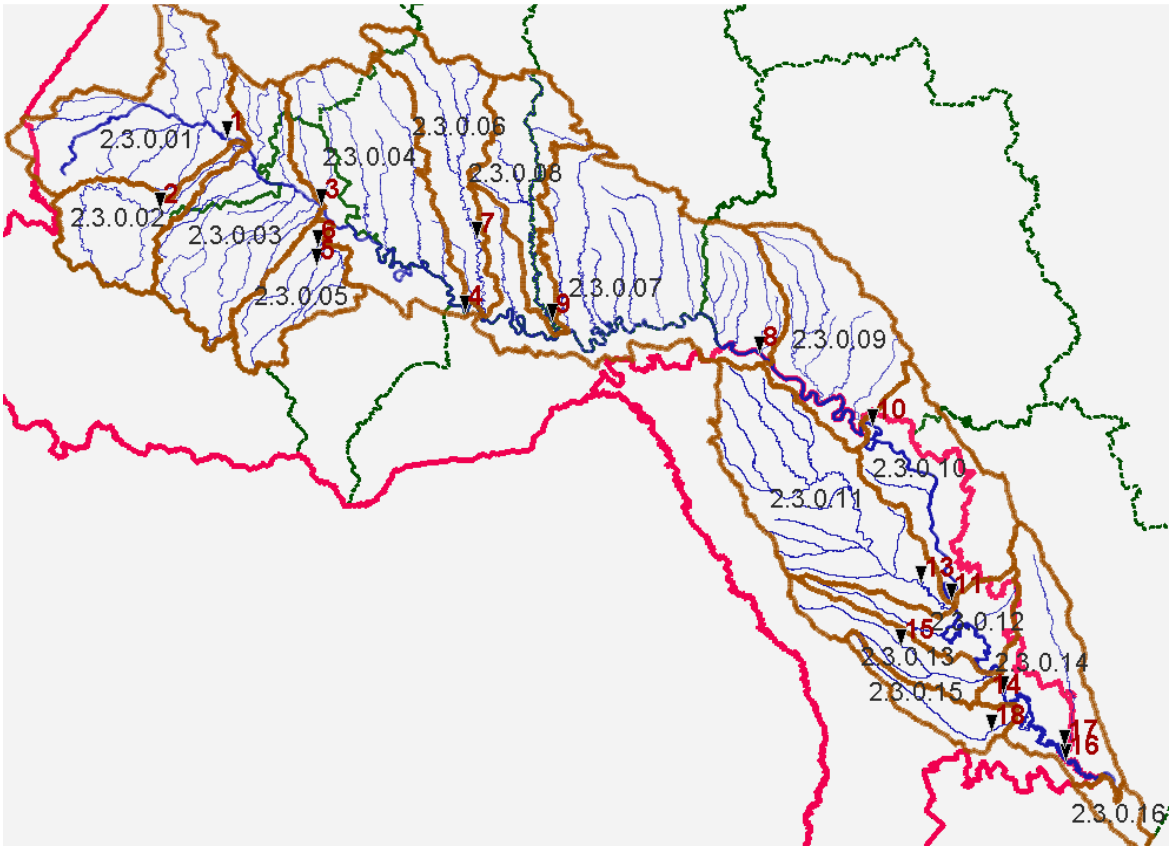

Рис.1.1. Схема водохозяйственного районирования района речного бассейна Днестра

В соответствии с «Методиками гидрографического и водохозяйственного районирования ...» [5] поверхностные водные объекты, не связанные гидравлически между собой и расположенные в пределах одной гидрографической единицы, выделяются в отдельные водохозяйственные участки. Каждый участок территории может принадлежать только к одному водохозяйственному участку. Выделение водохозяйственных участков осуществляется путем установления предельных расчетных створов на водотоках гидрографической единицы и определения границ водосборной территории, весь сток с которой поступает в участки водотоков между расчетными створами.

В качестве замыкающего расчетного створа водохозяйственной участка рекомендуется назначать створы существующих гидрологических постов, оборудованных устройствами и приборами для проведения систематических гидрологических наблюдений за расходами воды, и створами гидротехнических сооружений. Кроме того, замыкающие расчетные створы водохозяйственных участков должны располагаться в устьях рек и выше устьев крупных притоков, впадающих в эти реки. При зонировании территории гидрографической единицы также учитываются показатели плотности населения, использования и антропогенного загрязнения водных ресурсов.

Кодирование водохозяйственных участков осуществляется путем присвоения им уникальных числовых кодов, состоящих из кода гидрографической единицы в виде последовательности кодов моря, гидрографической единицы района речного бассейна и гидрографической единицы суббасейнового уровня, к которой через разделитель добавляется двузначный код водохозяйственной участка.

Район речного бассейна Днестр расположен в нескольких странах. Первым водохозяйственное районирование было проведено, утверждено и опубликовано (при финансировании ЕС) для территории Украины (см. «Методики гидрографического и водохозяйственного районирования ...» [5] – http://www.sbs-envir.org/index.php/ua/publications/108-metodyky-hidrohrafichnoho-

ta-vodohospodarskoho-raionuvannia-terytorii-ukrainy-vidpovidno-do-vymoh-vodnoi-ramkovoi-dyrektyvy-yevropeiskoho-soiuzu.html), поэтому было принято решение на территории Молдовы (в т.ч. Приднестровья) продолжить нумерацию водохозяйственных участков, уже принятую в Украине. Согласно «Методикам гидрографического и водохозяйственного районирования ...» в Украине Черному морю соответствует код «2», а району речного бассейна Днестра – код «3»; суббасейны не выделялись, поэтому их код - «0» и водохозяйственные участки района речного бассейна Днестра на территории всех стран имеют такие последовательные номера: 2.3.0.01-2.3.0.16.

За основу районирования территории Украины было взято районирование, опубликованное в «Методиках гидрографического и водохозяйственного районирования ...», но, учитывая трансграничность бассейна Днестра совместной молдо-украинской рабочей группой экспертов в него были внесены изменения и границу водохозяйственных участков 2.3.0.09 и 2.3.0.10 было перенесено от гидропоста Сороки до гидропоста Хрушка, расположенного на р. Днестр почти сразу после молдо-украинской границы и по которому, в отличие от гидропоста Сороки, был доступен достаточно долгий ряд данных о расходах воды в этом створе (хотя достоверность этих данных была предметом отдельной дискуссии рабочей группы проекта).

Участок бассейна р. Днестр на территории Польши, из-за небольшой площади этого участка и отсутствия гидропостов с достаточными рядами данных о расходах воды, было принято не выделять в отдельный водохозяйственный участок, а присоединить его к участку 2.3.0.01 на территории Украины.

На территории Молдовы (в т.ч. Приднестровья) в процессе работы над проектом было около 10 различных вариантов водохозяйственного районирования. Сначала разбиение было максимально детализированным, а затем количество участков уменьшалась по главному критерию – наличие хотя бы одного гидропоста с достаточным рядом данных о расходах воды. Кроме того, это районирование было максимально приближено к гидрографическому

районированию, уже принятому на территории Молдовы (в т.ч. Приднестровья) и по которому проводится обобщение показателей водопользования. Однако полностью повторить это районирование не удалось, поскольку в нем есть участки, на которых отсутствует хотя бы один гидропост с достаточным рядом данных о расходах воды.

Замыкающим водохозяйственным участком, как это принято, в соответствии с Водной рамочной директивой ЕС, является Днестровский лиман.

Таким образом, в соответствии со схемой в пределах района речного бассейна Днестра выделено 16 водохозяйственных участков. Из них 1 расположен на территории Польши и Украины, 7 – в пределах Украины, 3 – в пределах Молдовы (включая Приднестровье) и 5 участков являются общими (трансграничными) для Украины и Молдовы (включая Приднестровье) одновременно.

Коды и названия водохозяйственных участков, выделенных в пределах района речного бассейна Днестра, приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Коды и названия водохозяйственных участков, выделенных в пределах района речного бассейна Днестра

Код участка	Название водохозяйственного участка
2.3.0.01	р. Днестр от истока до устья р. Стрый
2.3.0.02	р. Стрый
2.3.0.03	р. Днестр от устья р.Стрый до устья р.Гнилая Липа
2.3.0.04	р. Днестр от устья р. Гнилая Липа до устья р. Серет (исключая рр. Быстрица и Серет)
2.3.0.05	р. Быстрица
2.3.0.06	р. Серет
2.3.0.07	р. Днестр от устья р. Серет до г/п Могилев-Подольский (исключая р. Збруч)
2.3.0.08	р. Збруч
2.3.0.09	р. Днестр от г/п Могилев-Подольский до границы Украина-Молдова
2.3.0.10	р. Днестр от границы Украина-Молдова до устья р. Реут
2.3.0.11	р. Реут от устья до истока

2.3.0.12	р. Днестр от устья р. Реут до устья р.Бык (исключая р. Бык)
2.3.0.13	р. Бык
2.3.0.14	р. Днестр от устья р. Бык до устья (исключая р. Ботна)
2.3.0.15	р. Ботна
2.3.0.16	Днестровский лиман

РАЗДЕЛ 2. СОСТАВЛЯЮЩИЕ УРАВНЕНИЯ РАСЧЕТА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

2.1 Основные составляющие приходной части водохозяйственного баланса

$\mathbf{W_{вх}}$ – объем стока, поступающий за расчетный период с расположенных выше по течению водохозяйственных участков, является основным элементом приходной части баланса.

Объем поверхностного притока определяется по многолетним рядам стока в расчетном створе на основе методов инженерно-гидрологических расчетов. За основу исходной гидрологической информации принимается многолетний наблюденный ряд стока в рассматриваемом створе.

Для определения параметров поверхностного стока в водно-балансовых расчетах проводят построения кривых распределения вероятностей (кривых обеспеченности), для которых используются средние многолетние значения стока, коэффициенты вариации и асимметрии. Типы кривых распределения (трехпараметрическое гамма-распределение, кривые Пирсона и другие), а также значения статистических параметров устанавливаются на основании методов, применяемых в инженерной гидрологии.

Предварительно должен проводиться анализ однородности и стационарности расчетных рядов и оценка их репрезентативности на основе статистических методов, применяемых в инженерной гидрологии.

Определение расчетных гидрологических характеристик основывается на всей совокупности опубликованных в ежегодных изданиях ГВК данных гидрометеорологических наблюдений Гидрометслужбы, а также на данных наблюдений, содержащихся в архивах изыскательских, проектных и других организаций.

Данные гидрометрических наблюдений должны проверяться на:

- полноту и надежность наблюдений за расходами воды;

- наличие данных о максимальных (мгновенных и среднесуточных) и минимальных расходах воды за время наблюдений при свободном русле, при наличии ледовых образований;
- влияние хозяйственной деятельности.

Для реализации этих требований и для оценки характеристик стока рек района речного бассейна Днестра нами использованы данные многолетних наблюдений за 50-летний период (1960-2010 гг.) по створам гидрологических постов, расположенных непосредственно на р. Днестр и на его притоках в соответствии с данными табл. 2.1. Всего использованы данные по 9 постам, расположенным на территории Украины [1] и 8 постам, расположенным на территории Молдовы (включая Приднестровье) [6].

Таблица 2.1. Список водохозяйственных участков в бассейне Днестра со списком гидрологических постов, информация по которым взята для расчета водохозяйственного баланса

Код участка	**Название водохозяйственного участка**	**Входной гидропост**	**Замыкающий гидропост**
2.3.0.01	р.Днестр от истока до устья р.Стрый	0	пгт Роздол
2.3.0.02	р.Стрый	0	с.Верхнее Синевидное
2.3.0.03	р.Днестр от устья р.Стрый до устья р.Гнилая Липа	пгт Роздол	г.Галич
2.3.0.04	р.Днестр от устья р.Гнилая Липа до устья р.Серет (исключая рр. Быстрица и Серет)	г.Галич	г.Залещики
2.3.0.05	р.Быстрица	0	р.Быстрица Надвирнянская – с.Черниив + р.Быстрица Солотвинская – г.Ивано-Франковск
2.3.0.06	р.Серет	0	г.Чертков

2.3.0.07	р.Днестр от устья р.Серет до г/п Могилев-Подольский (исключая р.Збруч)	г.Залещики	г. Могилев-Подольский
2.3.0.08	р. Збруч	0	с.Завалье
2.3.0.09	р.Днестр от г/п Могилев-Подольский до границы Украина-Молдова	г. Могилев-Подольский	с.Хрушка (Молдова)
2.3.0.10	р.Днестр от границы Украина-Молдова до устья р.Реут	с.Хрушка (Молдова)	Дубосарская ГЭС
2.3.0.11	р.Реут от устья до истока	0	с.Желобок
2.3.0.12	р.Днестр от устья р.Реут до устья р.Бык (исключая р.Бык)	Дубосарская ГЭС	г.Бендер
2.3.0.13	р.Бык	0	г.Кишинев
2.3.0.14	р.Днестр от устья р.Бык до устья (исключая р.Ботна)	г.Бендер	р.Днестр – с.Оланешты + рук.Турунчук – с.Незавертайловка
2.3.0.15	р.Ботна	0	г.Каушени
2.3.0.16	Днестровский лиман	р.Днестр – с.Оланешты + рук.Турунчук – с.Незавертайловка	!

«0» – означает, что верхняя граница водохозяйственного участка расположена в истоке реки.

В случае расположения гидропоста не на границе ВХУ, а до или после нее (рис. 2.1), осуществлялся перерасчет значений стока, учитывая «дополнительную» (недостаточную или избыточную) площадь водосбора по формуле

$$Q_{ВХУ} = Q_{ГП} \cdot (F_2/F_1)^{0,75}, \quad (2)$$

где F_1 – площадь водосбора, ограниченная гидропостом, ближайшим к замыкающему створу водохозяйственного участка, км^2, F_2 – общая площадь водосбора в пределах водохозяйственного участка, км^2:

$$F_2 = F_1 \pm \Delta F, \quad (3)$$

где ± Δ F – разница в площади водосбора, км^2.

Определение дополнительной (недостаточной или избыточной) площади водосбора осуществляется по геоинформационной системе бассейна, учитывая подробную гидрографическую сеть и цифровую матрицу высот рельефа – рис. 2.1.

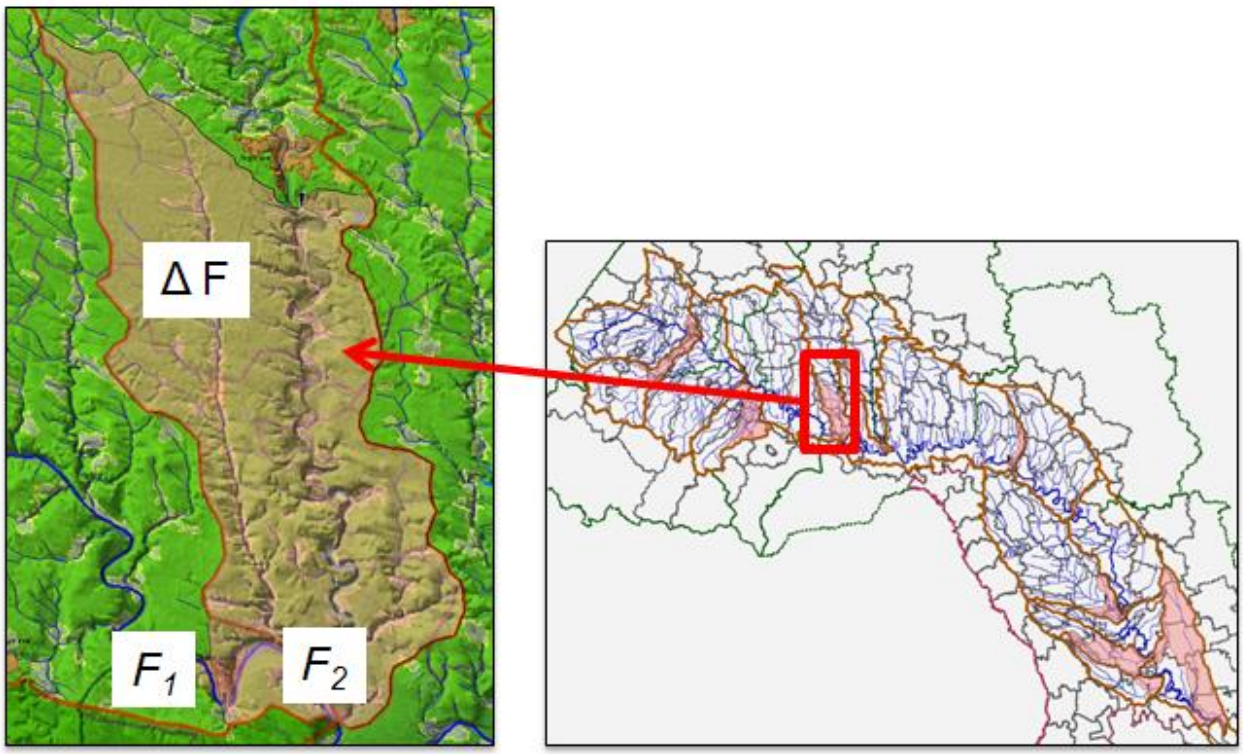

Рис. 2.1. Пример учета дополнительной площади при расположении гидропоста не на границе водохозяйственного участка

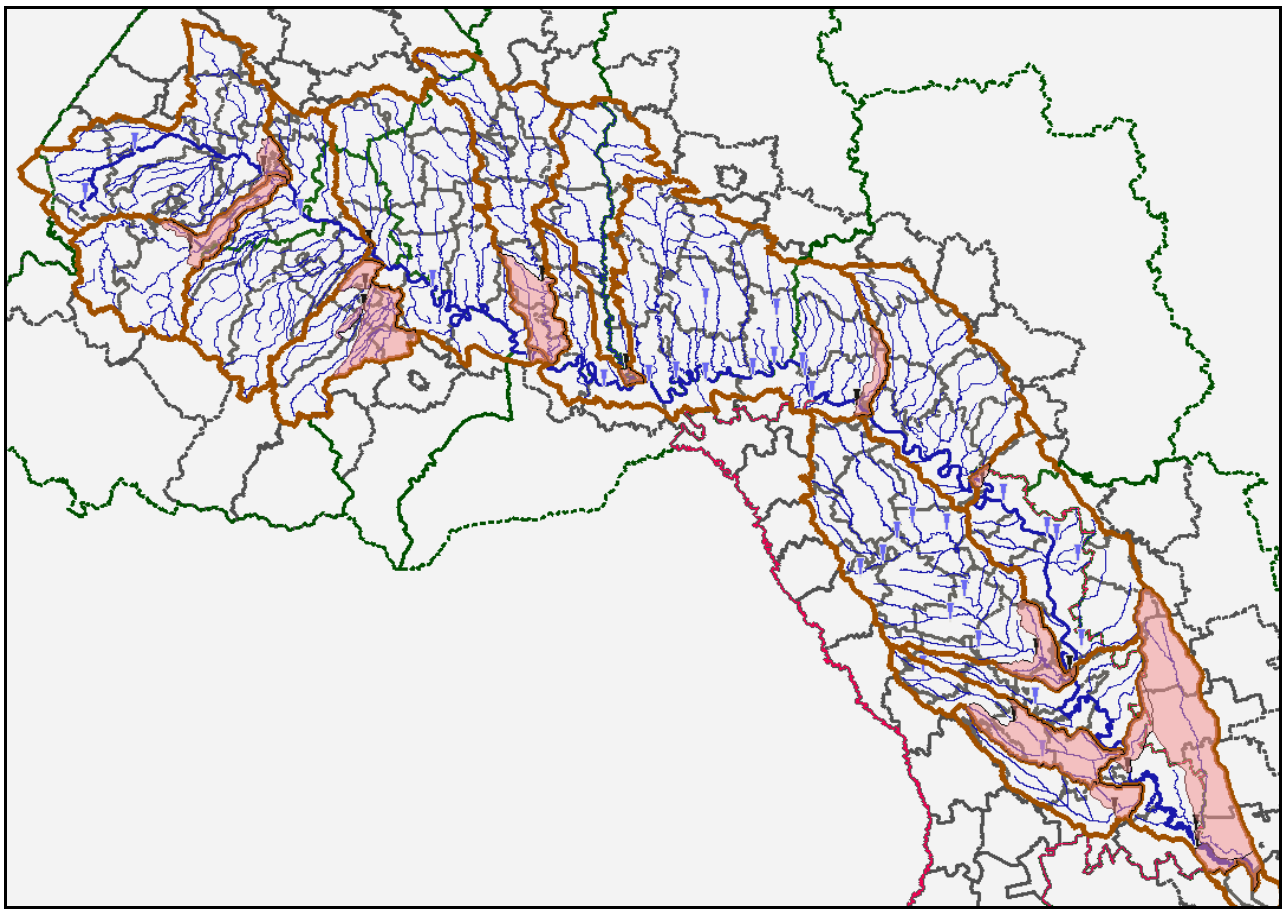

Рис. 2.2. Выделенные дополнительные площади для всех водохозяйственных участков района речного бассейна Днестра

$W_{мест}$ (**$W_{бок}$**) – объем местного стока, формирующийся на расчетном водохозяйственном участке, который также определяется по многолетним рядам стока на основе методов инженерно-гидрологических расчетов.

Сток, формирующийся на участке (боковая приточность), определяется как разность объемов стока в замыкающем и входном створах водохозяйственного участка в принятых интервалах времени.

$W_{пзв}$ – объем водозабора из подземных водных объектов данного водохозяйственного участка определяется как часть эксплуатационных запасов в пределах, разрешенных для использования (отбора) в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.

Исходными данными для этой составляющей являются статистические данные водопользования 2ТП (водхоз).

$\mathbf{W_{вв}}$ – возвратные (в т.ч. сточные) воды, отводимые в водные объекты. Для оценки величины возвратных вод фактически учитывается объем воды, поступающий на расчетный водохозяйственный участок со стороны действующей системы водоотведения, определяющей суммарное количество всех видов сточных вод (в том числе коллекторно-дренажных), отводимых в водотоки и водоемы, подземные горизонты и бессточные понижения, а также подаваемых на очистные сооружения. Информацию о сбросах возвратных (в т.ч. сточных) вод на участке в речную сеть за прошедший период получают по данным статистической отчетности предприятий всех форм собственности по форме 2-ТП (водхоз). При определении величины сбросов возвратных (в т.ч. сточных) вод могут не учитываться сточные и другие воды, поступающие на поля фильтрации и поля орошения, бессточные котлованы, в подземные горизонты, гидравлически не связанные с поверхностными водными объектами.

$\mathbf{\pm W_{п} = W_{дот} - W_{пер}}$ – объем воды в пределах ВХУ, полученный в виде дотаций (+) или отданный (–), за счет внешних и внутрибассейновых переброс стока каналами или водоводами. Исходными данными для расчета этой составляющей являются статистические данные водопользования по форме 2-ТП (водхоз). Данная составляющая баланса отражается в приходной его части в виде так называемого дотационного стока, который определяется как расходная часть водохозяйственного баланса водохозяйственного участка, на котором осуществляется отбор стока с целью межбассейнового или внутрибассейнового перераспределения.

$\mathbf{\pm \Delta V}$ – сработка (+) либо наполнение (–) водохранилищ и прудов в пределах ВХУ – учитываются при наличии на водохозяйственном участке русловых водохранилищ и прудов. Сработка и наполнение водоемов, как правило, отражаются в приходной части баланса.

В отдельных случаях вводится суммарная поправка к стоку за счет сработки (наполнения) малых водохранилищ, таких как рыбохозяйственные пруды, водоемы-охладители тепловых и атомных электростанций.

При выполнении расчетов для района речного бассейна Днестра нами учитывались реальные величины сработки и наполнения лишь по Днестровскому водохранилищу, являющегося крупнейшим в бассейне и осуществляющего сезонное регулирование стока. Данные предоставлены специалистами Днестровско-Прутского бассейнового управления водных ресурсов (Украина) [7]. Относительно сработки и наполнения остальных водохранилищ и прудов в пределах бассейна данные отсутствуют. Принималось во внимание, что определенная часть прудов в пределах бассейна используется для рыбохозяйственных целей и срабатывается в октябре-ноябре месяце с последующим наполнением во время весеннего половодья (март-апрель).

2.2 Основные составляющие расходной части водохозяйственного баланса

Набор составляющих расходной части водохозяйственного баланса формирует расчетные потребности на водохозяйственном участке.

$\mathbf{W_{исп}}$ – потери на дополнительное испарение с водной поверхности – учитываются при наличии на водохозяйственном участке русловых водохранилищ и прудов.

Как правило, объемы потерь на испарение определяются применительно к средним многолетним климатическим условиям района с учетом среднемесячных слоев осадков и испарения.

Объем потерь рассчитывался нами как произведение слоя испарения на среднюю в расчетном интервале площадь $S_{ср}$ водного зеркала водохранилища по формуле:

$$W_{исп} = (h_в - h_{ос}) \cdot S_{ср}, \quad (5)$$

где: $h_в$ – высота слоя испарения с водной поверхности, мм;

$h_{ос}$ – высота слоя осадков на водную поверхность, мм.

Для определения величины испарения с водной поверхности использовались данные Гидрометслужбы по имеющимся испарителям ГГИ-3000, а также карте изолиний. Для оценки внутригодового распределения величины испарения использованы данные «Ресурсов поверхностных вод…» [9]. Для определения величины среднего слоя атмосферных осадков для территории водохозяйственного участка применялся метод средневзвешенного. Последний применяется для случаев неравномерного распределения метеостанций на территории.

$\mathbf{W_ф}$ – фильтрационные потери воды из водохранилищ и прудов – состоят из фильтрации через тело плотины, ее основание и в обход плотины, а также через дно и берега водохранилища. Потери на фильтрацию через тело, основание и в обход плотины определяются на основе расчетов фильтрации через тело плотины и ее основание при проектировании или по данным натурных наблюдений за плотиной.

Суммарные фильтрационные потери принимаются переменными в течение года в зависимости от текущего наполнения водохранилища и напора, определяющих интенсивность фильтрации. Соотношение расходов возвратной и безвозвратной фильтрации устанавливается с учетом гидрогеологических условий конкретного объекта.

Поскольку данных о величинах фильтрации из водохранилищ и прудов на территории района речного бассейна Днестра нет, за исключением проектных данных по Днестровскому водохранилищу, то учитывались только последние, которые определялись как постоянная величина, составляющая 2% (средняя для данной территории) от текущего наполнения водохранилищ и прудов.

$\mathbf{W_у}$ – уменьшение стока за счет отбора подземных вод – определяется из горизонтов подземных вод, гидравлически связанных с речным стоком, на основе оценки влияния подземных вод на речной сток.

При этом допускается, что отбор подземных вод из горизонтов, расположенных ниже местного базиса эрозии или на значительном расстоянии от речной сети, не влияет на речной сток, а отбор воды из аллювиальных

отложений речных долин полностью относится к речному стоку. В остальных случаях расчет $\mathbf{W_у}$ производится по объему отбираемых подземных вод, гидравлически связанных с речным стоком, умноженному на понижающий коэффициент. Последний характеризует степень гидравлической взаимосвязи поверхностных и подземных вод и определяется в ходе гидрогеологических и гидрологических изысканий.

Уменьшение речного стока, вызванное водозабором из подземных водных объектов, имеющих гидравлическую связь с рекой, рассчитывалось нами по такой формуле:

$$W_у = W_{пзв} \cdot K, \quad (6)$$

где $W_{пзв}$ – объем водозабора подземных вод в пределах, разрешенных для использования; *K* – коэффициент гидравлической связности поверхностных водотоков водохозяйственного участка с подземными водами.

$\mathbf{W_{пов}}$ – забор из поверхностных водных объектов в пределах водохозяйственного участка – складывается из суммарных требований всех водопользователей данного водохозяйственного участка.

При анализе современного состояния водохозяйственного комплекса используются материалы государственной статистической отчетности предприятий по форме 2-ТП (водхоз).

$\mathbf{W_{сэп}}$ – величина санитарно-экологического попуска – необходимая величина стока в замыкающем створе расчетного водохозяйственного участка, в котором учтены санитарно-экологические расходы. Рассчитывается путем умножения санитарно-экологических расходов $Q_{сэп}$ (иногда обозначается как $Q_{кп}$) ($м^3/с$) на количество секунд в периоде (месяце).

На нее приходится значительная доля расходной части водохозяйственного баланса. Величина санитарно-экологического попуска (при наличии водохранилища) на границе водохозяйственного участка определяется с учетом законодательства стран, на территории которых расположен этот участок, и соответствующих международных договоров.

Санитарно-экологические попуски назначаются для обеспечения качества воды в водном объекте, соответствующего санитарным правилам и нормам. Для зарегулированных рек минимальный попуск соответствует минимально допустимому расходу воды в реке, устанавливаемому в размере минимального среднесуточного расхода 95% обеспеченности за меженный период; для незарегулированных рек в качестве минимально допустимого расхода принимается минимальный среднемесячный расход воды года 95% обеспеченности летне-осеннего и зимнего периодов.

Экологические попуски должны обеспечивать поддержание необходимых условий для существования и воспроизводства рыбы, функционирование водных и околоводных экосистем, способствуя повышению их биологической продуктивности. К экологическим относятся режимные попуски, обеспечивающие вынос солей, поступающих с дренажными водами (в бассейнах рек с развитым орошением), предупреждающие заиление русла (на реках с большой мутностью).

Величины санитарно-экологического попуска для водохозяйственных участков района речного бассейна Днестра определены экспертами проекта по единой методике как для территории Украины (Василий Гребень), так и для территории Молдовы (Орест Мельничук).

2.3 Прогноз данных баланса с учетом изменения климата

Построение проекций изменения климатических характеристик в бассейне Днестра к середине XXI века (2021-2050 гг.) относительно современного климатического периода (1981-2010 гг.) осуществлялись по данным региональной климатической модели REMO, инициированной расчетом глобальной модели ECHAM5. Как отмечалось в исследованиях, проведенных в проекте ENVSEC «Снижение уязвимости к экстремальным наводнениям и изменению климата в бассейне реки Днестр («Днестр-III: наводнения и климат»)» [8], эта модель имеет наименьшие абсолютные и среднеквадратичные погрешности как для температуры, так и для осадков, и

может быть использована для анализа и оценки возможного изменения климата в регионе. Бассейн р. Днестр был поделен на 6 регионов, соответствующих бассейнам основных его притоков и отличающихся физико-географическими условиями, в частности, высотой над уровнем моря и конфигурацией на координатной плоскости. Проекции изменения средней, максимальной, минимальной приземной температуры воздуха, количества осадков, суммарного, поверхностного и подземного стока за месяц, сезон и год определялись как для всего бассейна, так и для его отдельных регионов (рис.2.3).

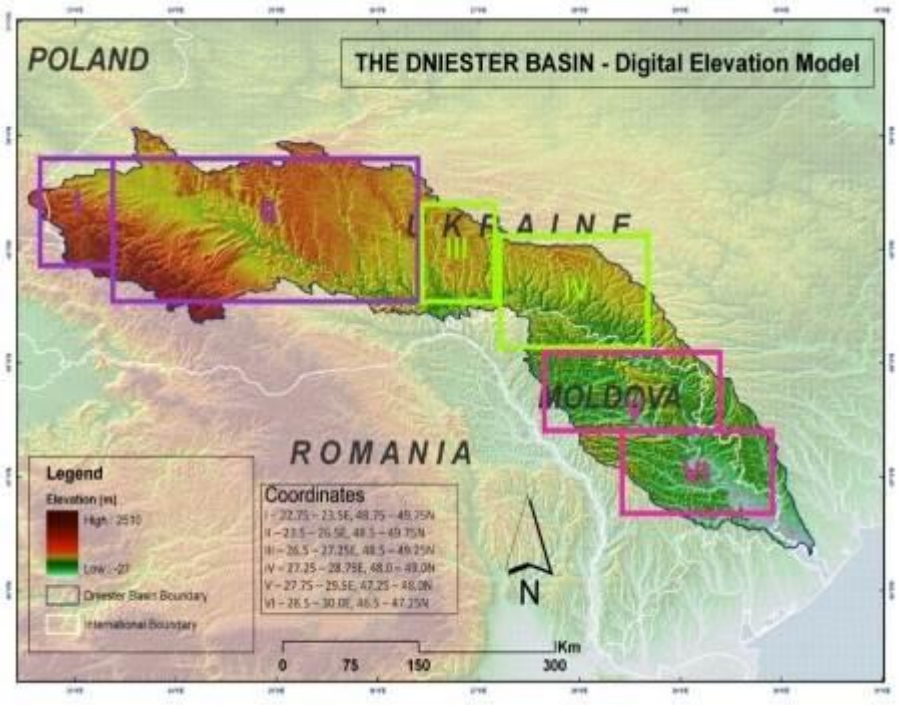

Рис.2.3. Бассейн р. Днестр и координаты регионов, для которых проводилась оценка проекций изменения климата в середине XXI века (2021-2051 гг.) относительно современного климатического периода (1981-2010 гг.)

Расчеты проводились на основе данных, полученных в рамках Европейского проекта FP-6 ENSEMBLES, с разрешением 25 км.

Для обоснования гипотезы что под воздействием антропогенной деятельности климат в середине XXI века может существенно отличаться от современного, необходимо статистически доказать, что ожидаемые изменения, с определенным уровнем доверительной вероятности, больше любого из изменений, которое возможно вследствие естественных внутренних

флуктуаций климатической системы, и что это изменение не может быть объяснено только естественными колебаниями [2]. Это положение относится, прежде всего, к доказательству статистической значимости изменения средних – ключевой характеристики изменчивости. Для идентификации статистически значимых различий между сравниваемыми выборками выполнена проверка гипотезы о равенстве средних генеральных совокупностей, из которых извлечены сравниваемые выборки.

Оценка ожидаемых изменений средних многолетних значений климатических характеристик в 2021-2050 гг. относительно 1981-2010 гг. осуществлялась по критерию Стьюдента (t-критерий), позволяющего выявить разность средних значений параметров двух периодов. Проверялась достоверность полученных выводов. Учитывая рекомендации МГЭИК [1], для оценки доли неопределенности изменения климатических величин использовались следующие критерии:

- практически не вызывает сомнений ($p \leq 0.01$, вероятность 99 – 100%);
- весьма вероятно ($0.01 < p \leq 0.1$, вероятность 90 – 99%);
- вероятно ($0.1 < p \leq 0.34$, вероятность 66 –90%);
- относительно вероятно ($0.34 < p \leq 0.67$, вероятность 33 – 66%);
- маловероятно ($0.67 < p \leq 0.90$, вероятность 10 – 33%);
- весьма маловероятно ($0.90 < p \leq 0.99$, вероятность 1 – 10%);
- исключительно маловероятно ($p > 0.99$, вероятность 0 – 1%).

Нами рассматривались оценки с вероятностью не ниже 66%, то есть те, которые относятся к вероятным, весьма вероятным и таким, что не вызывают сомнений. На основании прогнозных данных были внесены поправки в величины осадков, испарения и стока по всем водохозяйственным участкам на перспективу (2021-2050 гг.).

Прогноз данных водохозяйственного баланса с учетом изменения климата для водохозяйственных участков бассейна реализован на основе расчетной модели водохозяйственного баланса для среднего по водности года 50% обеспеченности.

2.4 Расчет баланса на текущий год

Расчет баланса на текущий год осуществляется по подходам, представленным в подразделах 2.1-2.2, где единственным отличием является расчет следующих составляющих приходной части водохозяйственного баланса:

- объем стока, поступающий за расчетный период с расположенных выше по течению водохозяйственных участков;

- объем местного стока, формирующийся на расчетном водохозяйственном участке.

Для расчета этих составляющих на текущий год делается выборка данных среднемесячных расходов воды в гидропостах за текущий год и не производится построение кривых обеспеченности.

РАЗДЕЛ 3. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА РАЙОНА РЕЧНОГО БАССЕЙНА ДНЕСТРА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Для обеспечения оперативности сбора исходных данных и расчета водохозяйственного баланса бассейна Днестра разработан комплекс средств автоматизации, структура которого приведена на рис. 3.1.

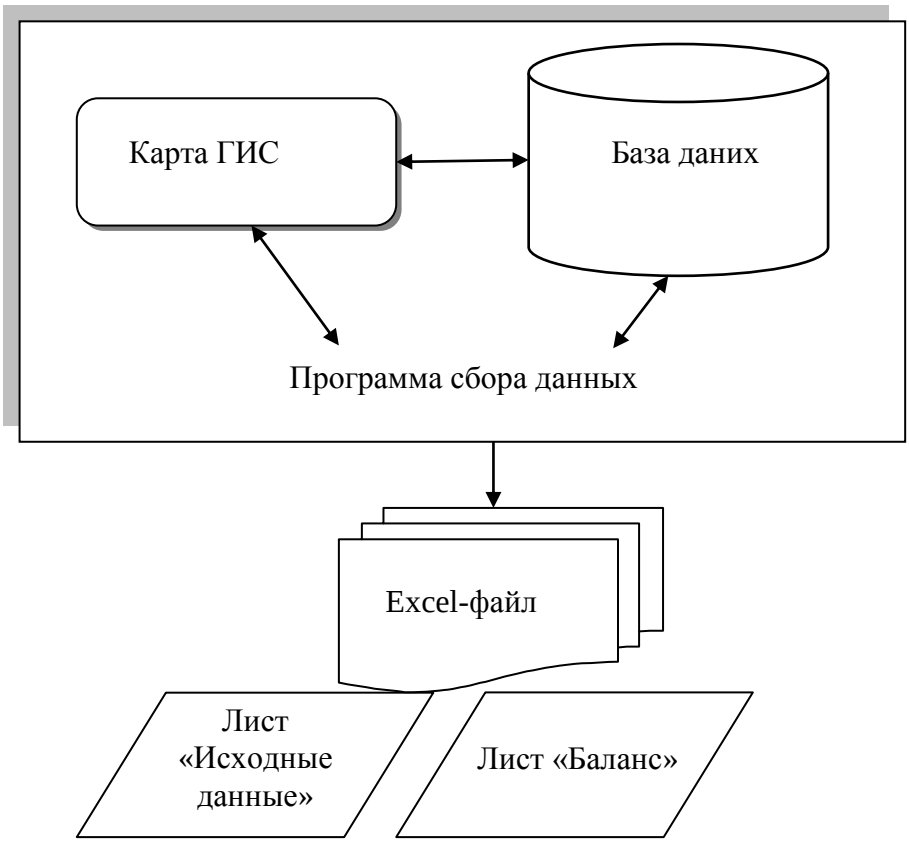

Рис.3.1. Структура средств автоматизации для расчетов по модели водохозяйственного баланса бассейна Днестра

Компьютерная программа была разработана в виде локальной версии с реализацией средств автоматизации в пакете MS Excel. Для применения программы и ее алгоритмов к расчету баланса трансграничного бассейна предпочтительным является использование сетевых решений и веб-сервисов.

Охарактеризуем подробно каждую составляющую разработанного комплекса средств автоматизации (локальная версия).

1. База данных (БД) обеспечивает накопление данных, необходимых для расчета водохозяйственного баланса.

2. Карта ГИС, интегрированная в БД, содержит топографическую основу территории бассейна на основе карты масштаба 1: 200 000 в системе координат WGS-84 (границы административных единиц, населенные пункты, дороги, растительность), а также:

- детальную гидрографическую сеть;
- основные водохранилища и пруды;
- посты гидрологического контроля;
- цифровую матрицу рельефа (ЦМР);
- дополнительные (или избыточные) площади водосбора для пересчета данных гидропостов и значений санитарно-экологических расходов в створах, расположенных не на границе ВХУ.

3. Программа сбора данных обеспечивает одновременную работу с базой данных картой ГИС, а для задач сбора данных для расчета водохозяйственного баланса обеспечивает:

- сбор данных для расчета водохозяйственного баланса ВХУ бассейна;
- запись собранных данных в Excel-файлы;
- работу с картой ГИС бассейна.

3.1 База данных

База данных (БД) создана с использованием MS Access. Интерфейс БД представлен в виде пользовательской ленты инструментов (рис.3.2).

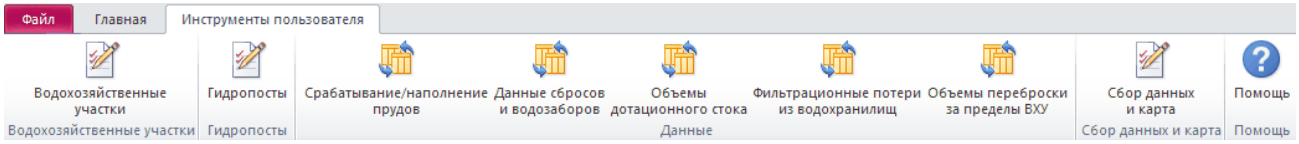

Рис.3.2. Пользовательская лента инструментов

Для каждой таблицы БД разработаны формы, работающие в двух режимах (формы и таблицы). Внешний вид этих форм представлен на рисунках 3.3 – 3.12.

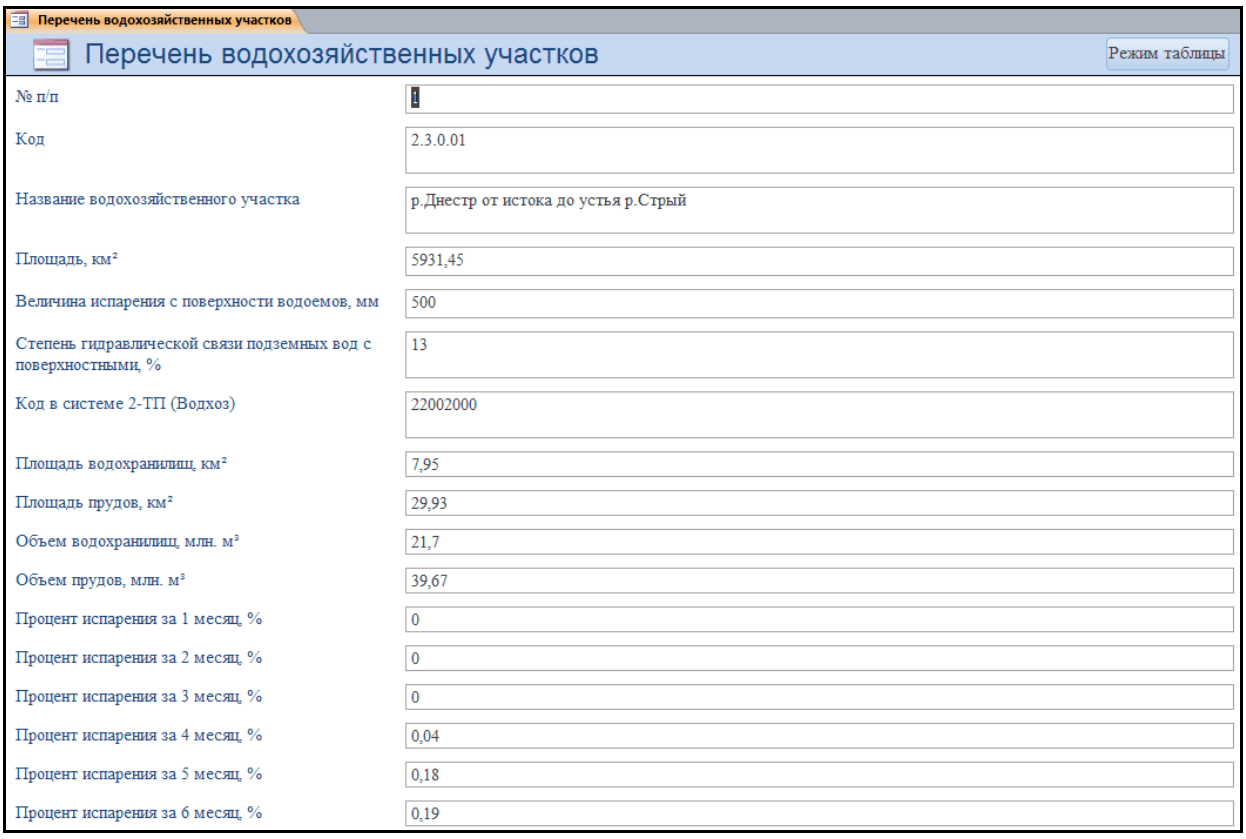

Рис.3.3. Инструмент для работы с данными водохозяйственных участков в режиме формы

Перечень водохозяйственных участков

№ п/п	Код	Название водохозяйственного участка	Площадь, км²	Величина испарения с поверхности водоемов, мм	Степень
1	2.3.0.01	р.Днестр от истока до устья р.Стрый	5931,45	500	13
2	2.3.0.02	р.Стрый	2926,96	500	16
3	2.3.0.03	р.Днестр от устья р.Стрый до устья р.Гнилая Липа	5826,88	520	22
4	2.3.0.04	р.Днестр от устья р.Гнилая Липа до устья р.Серет (исключая рр. Быстрица и Серет)	7387,23	530	27
5	2.3.0.05	р.Быстрица	2501,18	500	17
6	2.3.0.06	р.Серет	3934,66	540	30
7	2.3.0.07	р.Днестр от устья р.Серет до г/п Могилев-Подольский (исключая р.Збруч)	11443,3	550	25
8	2.3.0.08	р. Збруч	3402,19	550	28
9	2.3.0.09	р.Днестр от г/п Могилев-Подольский до границы Украина-Молдова	5217,81	650	30
10	2.3.0.10	р.Днестр от границы Украина-Молдова до устья р.Реут	5247,41	700	25
11	2.3.0.11	р.Реут	7786,58	700	20
12	2.3.0.12	р.Днестр от устья р.Реут до устья р.Бык (исключая р.Бык)	2427,95	740	30
13	2.3.0.13	р.Бык	2161,16	750	25
14	2.3.0.14	р.Днестр от устья р.Бык до устья (исключая р.Ботна)	4704,58	770	25
15	2.3.0.15	р.Ботна	1536,06	770	25
16	2.3.0.16	Днестровский лиман	733,08	800	20

Рис.3.4. Инструмент для работы с данными водохозяйственных участков в режиме таблицы

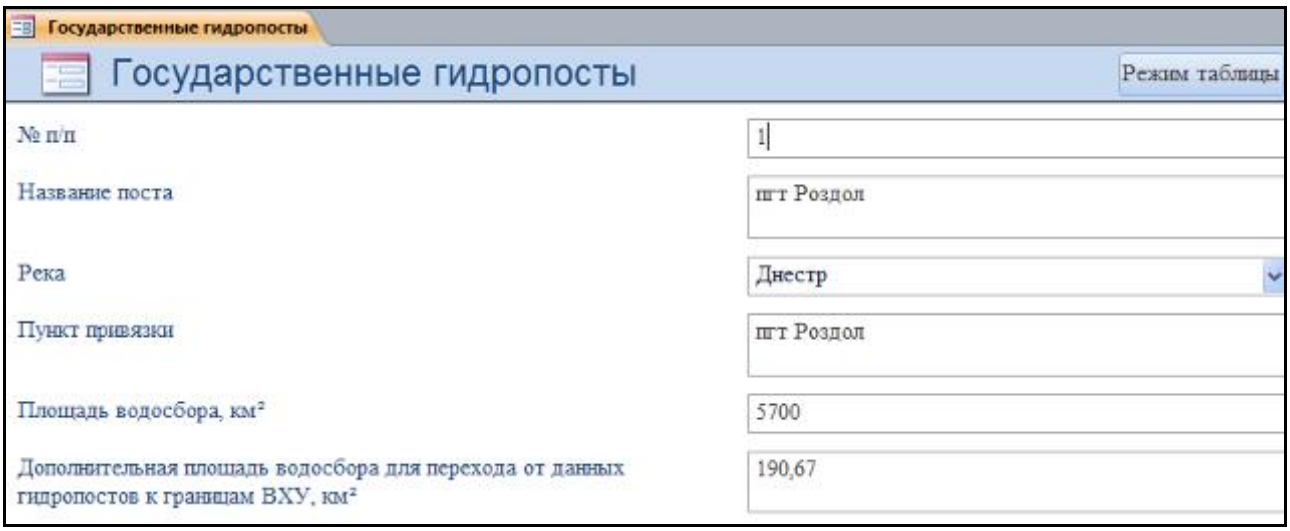

Рис.3.5. Инструмент для работы с данными гидропостов в режиме формы

Государственные гидропосты

№ п/п	Название поста	Река	Пункт привязки	Площадь водосбора, км
1	пгт Роздол	Днестр	пгт Роздол	5700
2	с.Верхнее Синевидное	Стрый	с.Верхнее Синевидное	2400
3	г.Галич	Днестр	г.Галич	14700
4	г.Залещики	Днестр	г.Залещики	24600
5	р.Быстрица Надвирнянская – с	Быстрица	р.Быстрица Надвирнян	679
6	р.Быстрица Солотвинская – г.І	Быстрица	р.Быстрица Солотвинс	777
7	г.Чертков	Серет	г.Чертков	3170
8	г. Могилев-Подольский	Днестр	г. Могилев-Подольский	43000
9	с.Завалье	Збруч	с.Завалье	3240
10	с.Хрушка (Молдова)	Днестр	с.Хрушка (Молдова)	48700
11	Дубосарская ГЭС	Днестр	Дубосарская ГЭС	53600
12	с.Желобок	Реут	с.Желобок	7100
13	г.Бендер	Днестр	г.Бендер	66100
14	г.Кишинев	Бык	г.Кишинев	882
15	р.Днестр – с.Оланешты	Днестр	р.Днестр – с.Оланешть	68900
16	рук.Турунчук – с.Незавертайлс	Турунчук	рук.Турунчук – с.Незав	68900
17	г.Кэушень	Ботна	г.Кэушень	1210

Рис.3.6. Инструмент для работы с данными гидропостов в режиме таблицы

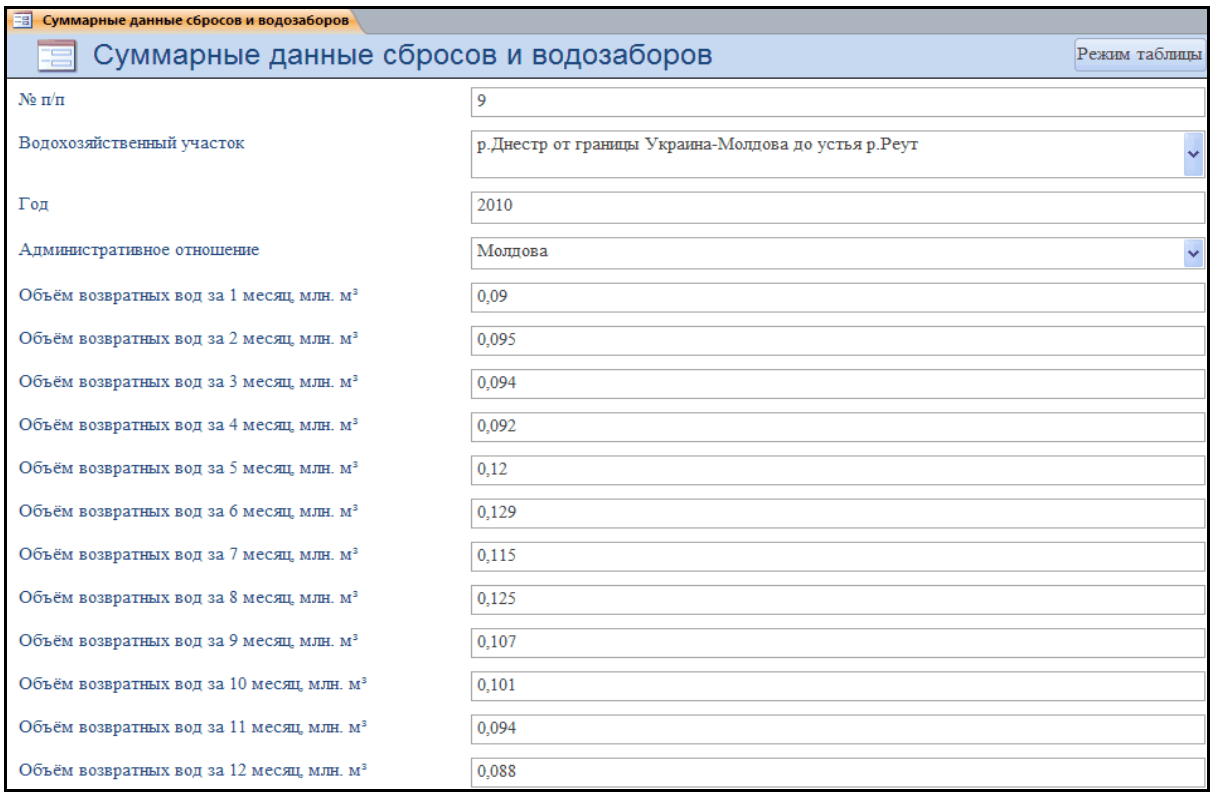

Рис.3.7. Инструмент для работы с данными водопользования в режиме формы

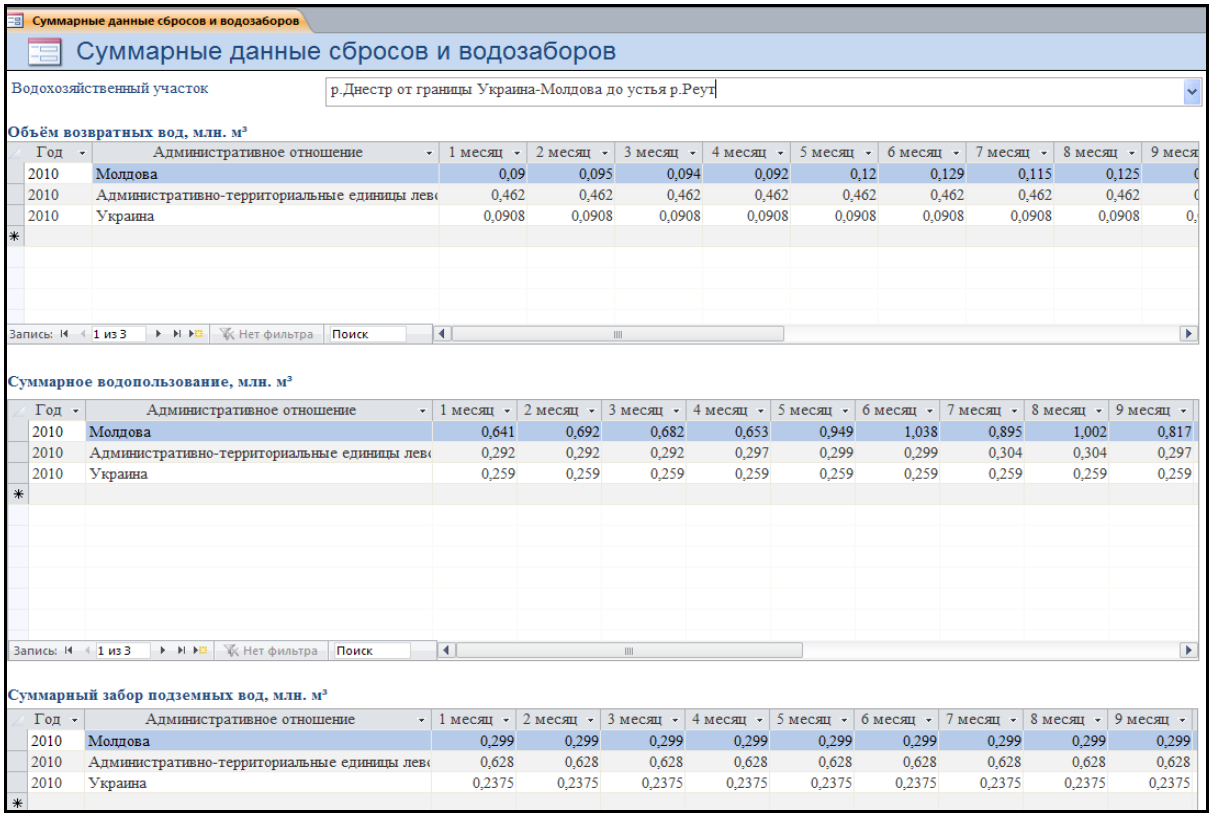

Рис.3.8. Инструмент для работы с данными водопользования в режиме таблицы

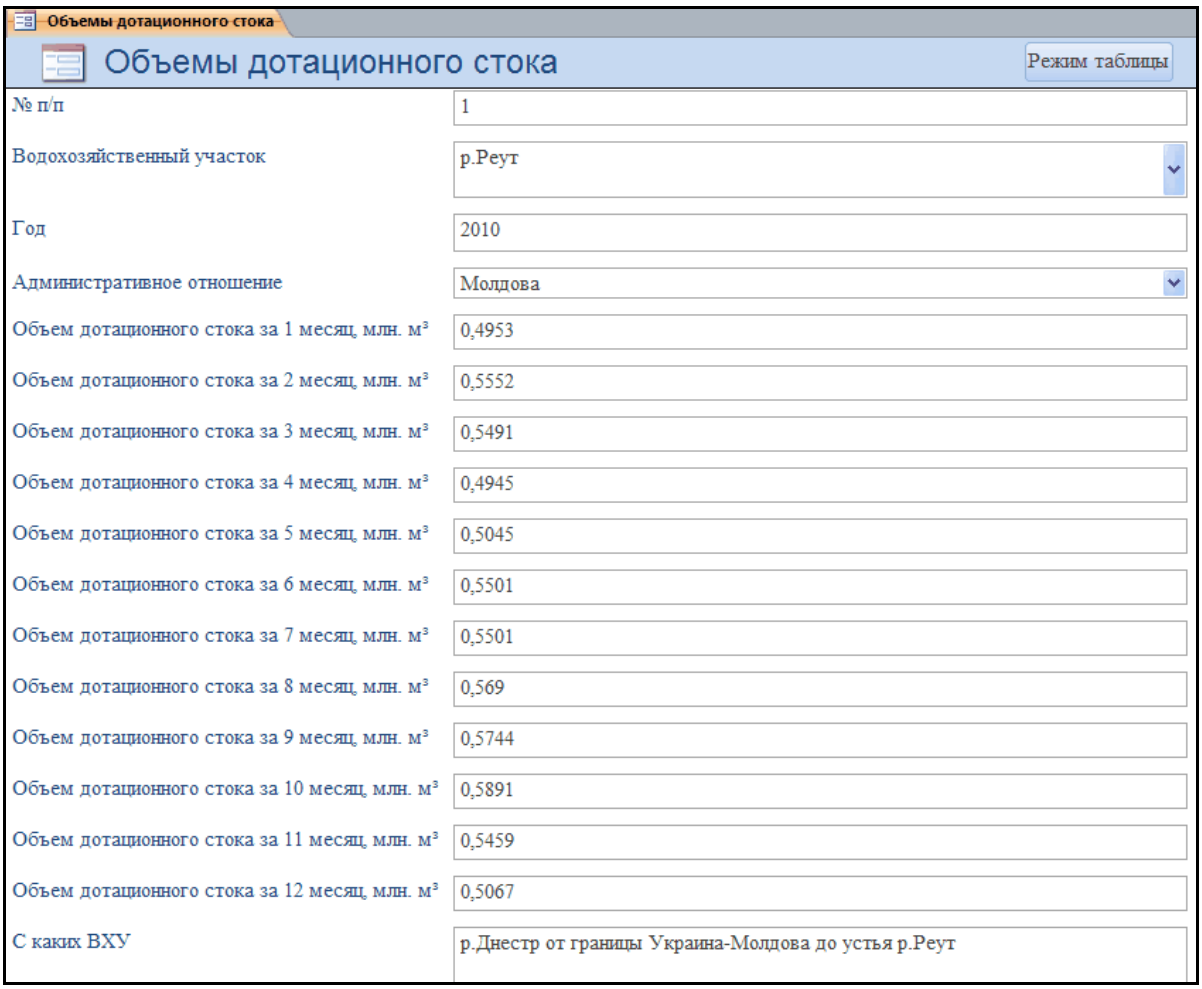

Рис.3.9. Инструмент для работы с данными дотационного стока в режиме формы

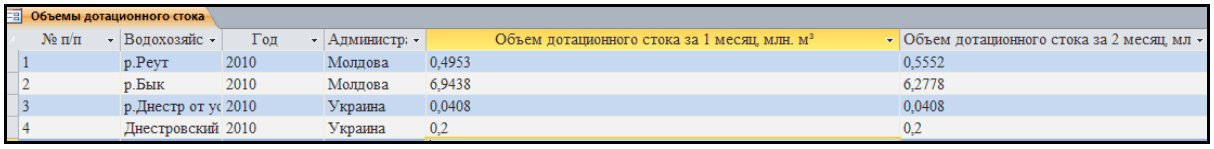

Рис.3.10. Инструмент для работы с данными дотационного стока в режиме таблицы

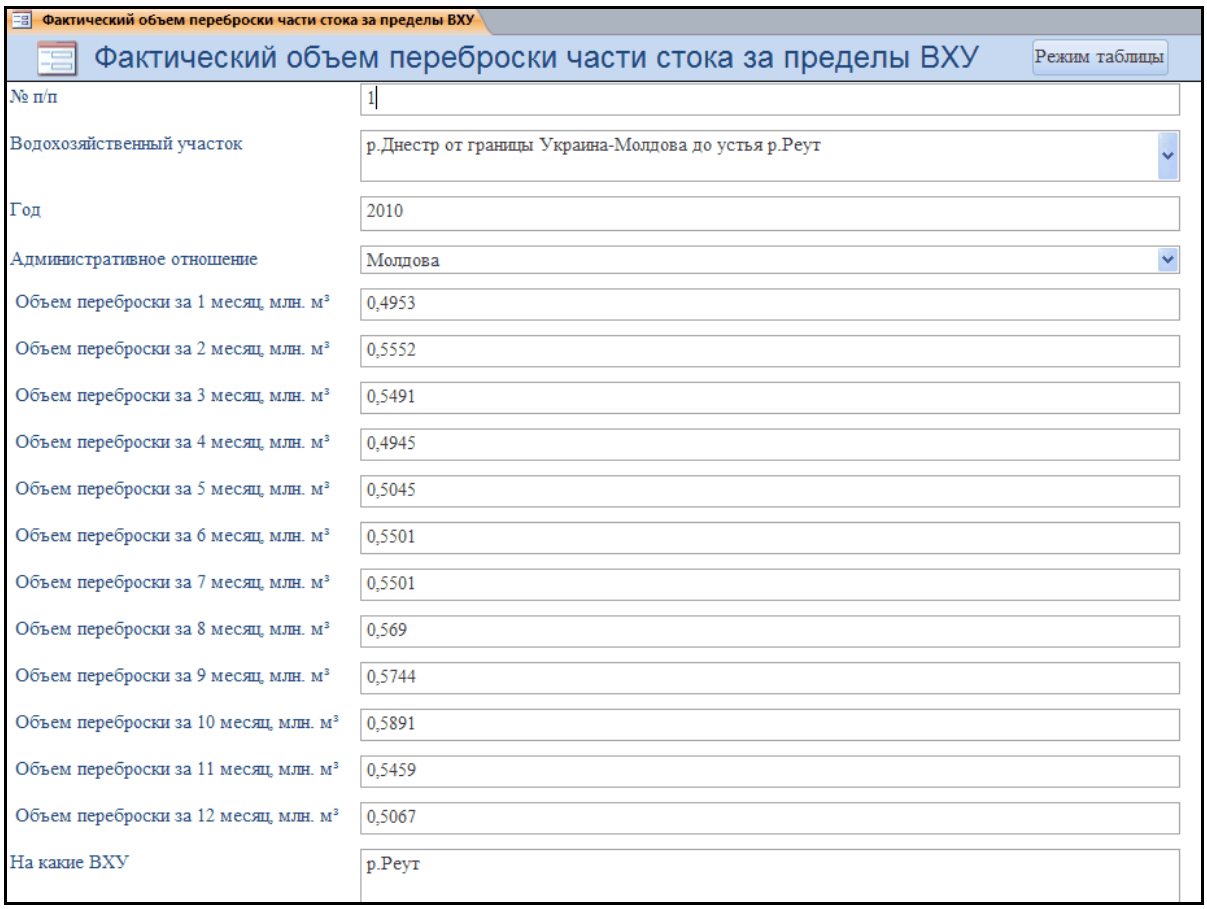

Рис.3.11. Инструмент для работы с данными переброс в режиме формы

Рис.3.12. Инструмент для работы с данными переброс в режиме таблицы

Для водохозяйственных участков, расположенных одновременно на территории более, чем одной страны, учтено, что данные водопользования собираются по каждой стране отдельно, поскольку в каждой стране своя форма отчетности 2-ТП (водхоз), поэтому в электронной форме программы расчета баланса для каждой страны (или ее региона, имеющего свою форму отчетности 2-ТП (водхоз)) предусмотрено поле (характеристика) «Административное

отношение» для ввода административной привязки всех характеристик отдельно (см. рис. 3.7-3.12). При сборе данных значения всех характеристик с разной административной привязкой складываются по каждому водохозяйственному участку.

4.2 Программа сбора данных

Программа сбора данных реализована в виде комплексного инструмента «Сбор данных и карта», интегрированного в базу данных.

Данный инструмент обеспечивает:

- просмотр, навигацию и масштабирование на карте бассейна;
- подключение/отключение карт, в т.ч. цифровой матрицы высот рельефа бассейна (ЦМР);
- управление составом отображения карт;
- поиск объектов на карте;
- просмотр и редактирования классификатора карты;
- печать карты или выбранного фрагмента;
- просмотр семантик (параметров) выбранных на карте объектов;
- сбор данных для расчета водохозяйственного баланса по выбранному году;
- просмотр легенды карты.

Интерфейс инструмента «Сбор данных и карта» представлен на рисунках 3.13, 3.14.

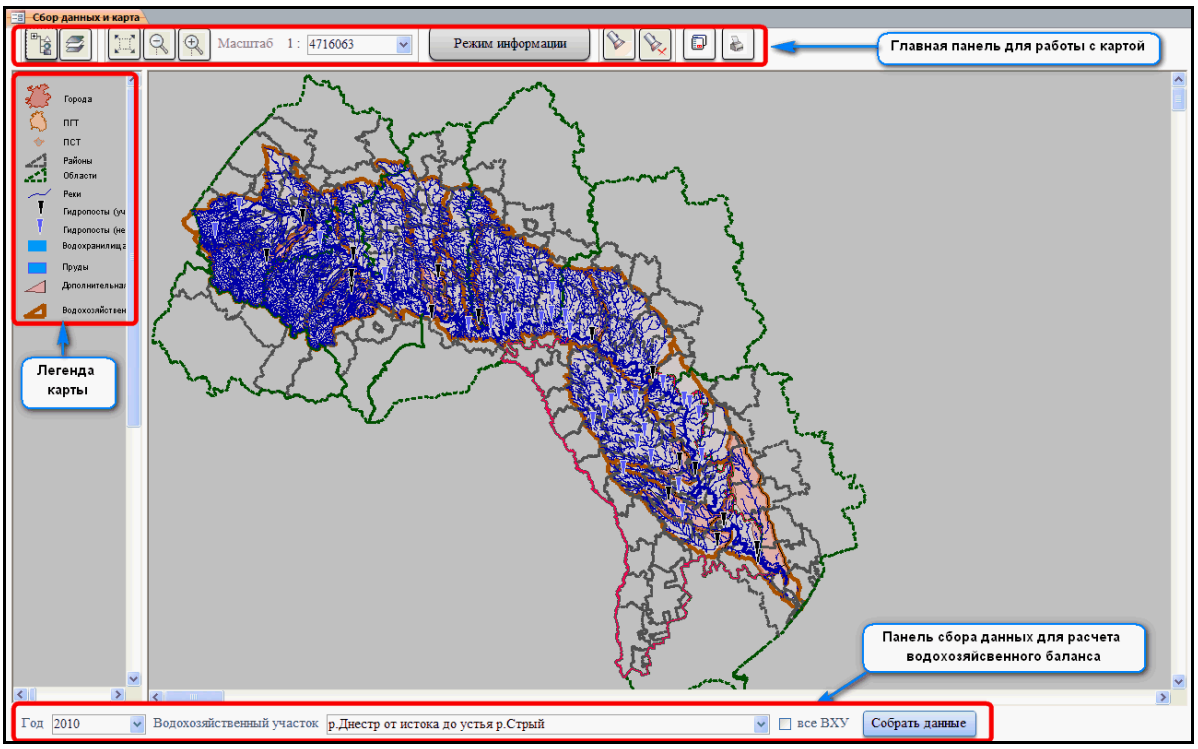

Рис.3.13. Интерфейс инструмента «Сбор данных и карта» (без ЦМР)

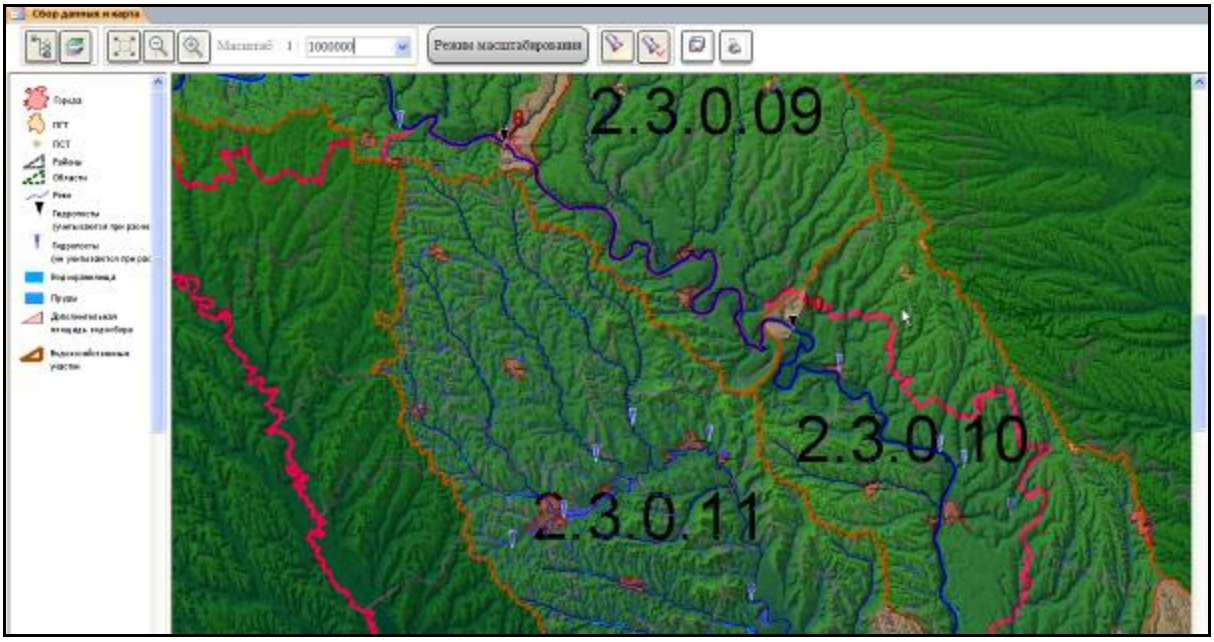

Рис.3.14. Интерфейс инструмента «Сбор данных и карта» (с ЦМР)

Сбор данных для расчета водохозяйственного баланса может осуществляться по выбранному ВХУ или по всем ВХУ бассейна сразу.

Для сбора данных для расчета водохозяйственного баланса по выбранному ВХУ необходимо выбрать его из выпадающего списка, а также

выбрать из выпадающего списка год и нажать кнопку "Собрать данные". Для сбора данных для расчета водохозяйственного баланса по всем ВХУ необходимо отметить «галочкой» надпись «все ВХУ» (рис. 3.15).

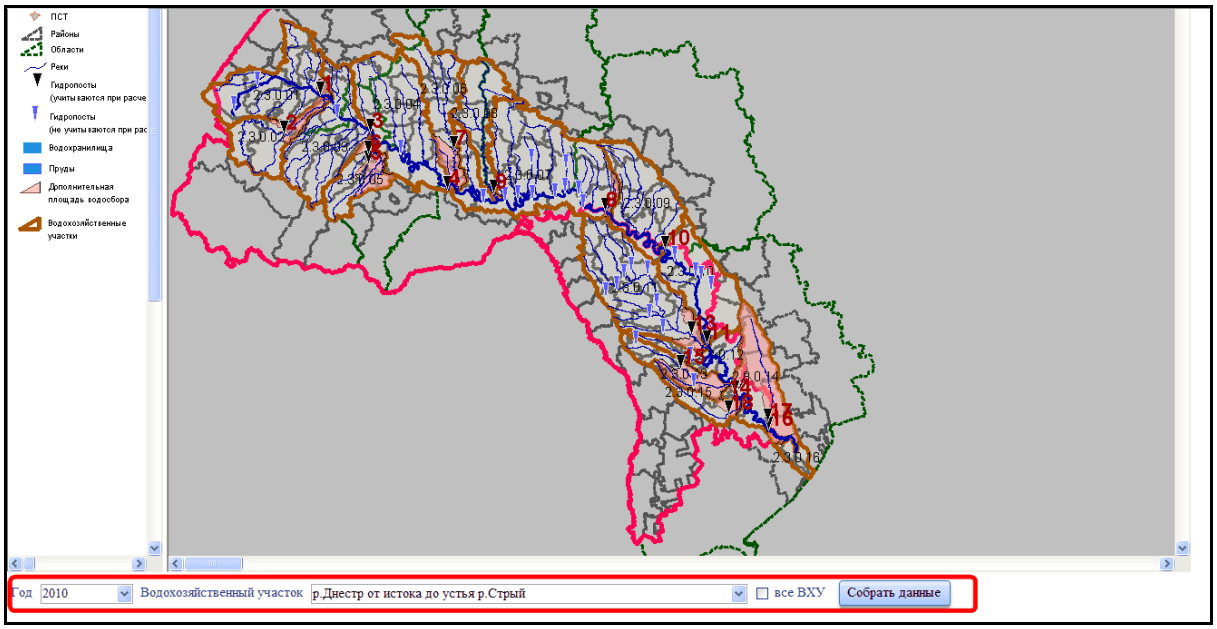

Рис.3.15. Параметры сбора данных

После окончания процесса сбора данных:

- если был выбран один ВХУ – откроется файл электронной таблицы;

- если были указаны все ВХУ – откроется папка, в которой располагаются файлы электронных таблиц с собранными данными для всех ВХУ бассейна (рис. 3.16).

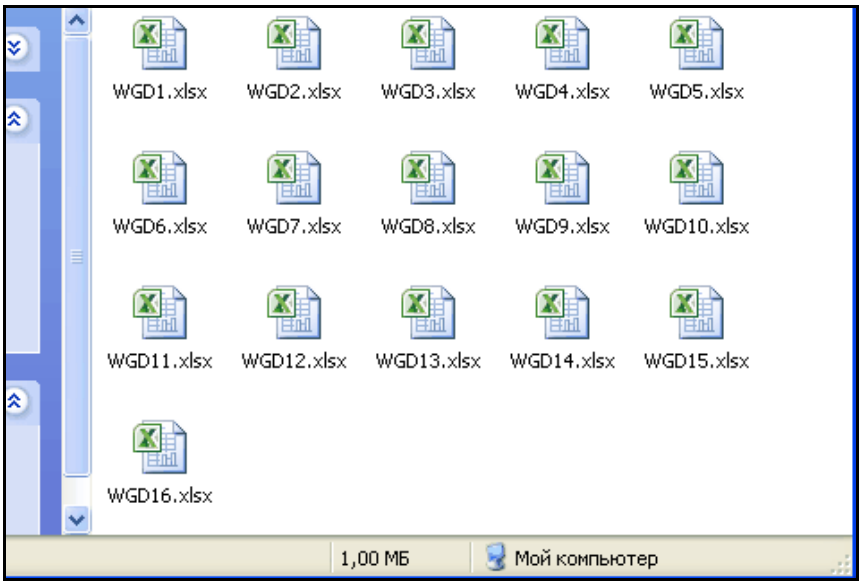

Рис.3.16. Папка, в которой располагаются файлы электронных таблиц с собранными данными

Результирующий файл электронной таблицы представлен двумя листами MS Excel:

1. **Исходные данные:** сохраняет собранные данные, необходимые для расчета водохозяйственного баланса;

Разделы этого листа (которые **могут редактировать** пользователи)**, имеют светло-зелёную заливку;** редактирование данных других разделов также можно осуществить, но делать это нужно с максимальной осторожностью и только при наличии достоверной информации.

2. **Баланс:** автоматически осуществляет расчет водохозяйственного баланса и формирует результаты баланса (для 50%, 75%, 95% обеспеченности) в табличном виде (рис. 3.17) и в форме диаграммы (рис. 3.18):

Расчет водохозяйственного баланса для ВХУ «» при 50% обеспеченности												
Составляющие водохозяйственного баланса	Интервал времени											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
I. Приходная часть												
1. Объем стока, поступающий на расчетный ВХУ с вышележащих створов (измеренный или рассчитанный для отчетного года), Wвх, млн. м. куб.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2. Объем стока, формирующийся на расчетном ВХУ (боковая приточность, измеренная или рассчитанная для отчетного года), Wбок, млн. м. куб.	70,8083	78,7604	194,8338	253,2834	160,1053	154,9406	152,8934	98,2137	99,9945	92,7064	99,8676	99,3938
3. Фактический объем дотационного стока на ВХУ, Wдот, млн. м. куб.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4. Фактический объем водозабора подземных вод с указанием типа изъятия (подрусловой, артезианский,...) по данным 2-тп-водхоз об отборах свежей воды , Wпзв, млн. м. куб.	0,6560	0,6560	0,6560	0,6560	0,6560	0,6560	0,6560	0,6560	0,6560	0,6560	0,6560	0,6560
5. Объем возвратных вод на расчетный ВХУ, Wвв, млн. м. куб.	0,9625	0,9625	0,9625	0,9625	0,9625	0,9625	0,9625	0,9625	0,9625	0,9625	0,9625	0,9625
6. Сработка (+); наполнение (-) прудов и водохранилищ, ±V, млн. м. куб.	0,0000	0,0000	-0,1475	-0,1475	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1475	0,1475	0,0000
7. Всего по приходной части, млн. м. куб.	72,4268	80,3789	196,3248	254,7564	161,7238	156,5591	154,5119	99,8322	101,6130	94,4724	101,6336	101,0123
II. Расходная часть												
8. Потери на дополнительное испарение и ледообразование с поверхности водохранилищ по расчетным гидрометеорологическим данным за отчетный период , Wисп , Wл, млн. м. куб.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
9. Фильтрационные потери из водохранилищ, определенные по уравнению водного баланса, составленного по данным измерений расходов в нижнем бьефе и уровням воды в водохранилище Wф, млн. м. куб.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10. Уменьшение речного стока, вызванное отбором подземных вод (оценивается на основании строки 4 ВХБ), Wу, млн. м. куб.	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050
11. Фактический объем переброски части стока за пределы расчетного ВХУ, Wпер , млн. м. куб.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
12. Требования водопользователей на расчетном ВХУ , Wвдп, млн. м. куб.	1,3680	1,3680	1,3680	1,3680	1,3680	1,3680	1,3680	1,3680	1,3680	1,3680	1,3680	1,3680
13. Осуществленные отраслевые и санитарно – экологические попуски в отчетном году, всего (комплексный попуск) Qкп, м. куб./с	2,3911	1,9036	10,8992	25,7681	9,9126	4,0509	4,2134	3,4706	5,1188	5,2813	6,8599	2,7277
14. Требования к стоку в замыкающем створе ВХУ, Wкп, млн. м. куб.	7,8773	6,0781	30,6654	68,2638	28,0228	11,9730	12,7582	10,7685	14,7409	15,6184	19,2538	8,7788
III. Результаты баланса, В:												
15. Дефицит водных ресурсов (-), Def, млн. м. куб.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
16. Резерв водных ресурсов (+), Wрез, млн. м. куб.	64,5495	74,3008	165,6595	186,4927	133,7010	144,5862	141,7537	89,0637	86,8721	78,8540	82,3798	92,2335
17. Транзит стока на нижерасположенные ВХУ, Wпс , млн. м. куб.	72,4268	80,3789	196,3248	254,7564	161,7238	156,5591	154,5119	99,8322	101,6130	94,4724	101,6336	101,0123

Рис.3.17. Пример результатов расчета водохозяйственного баланса в табличном виде

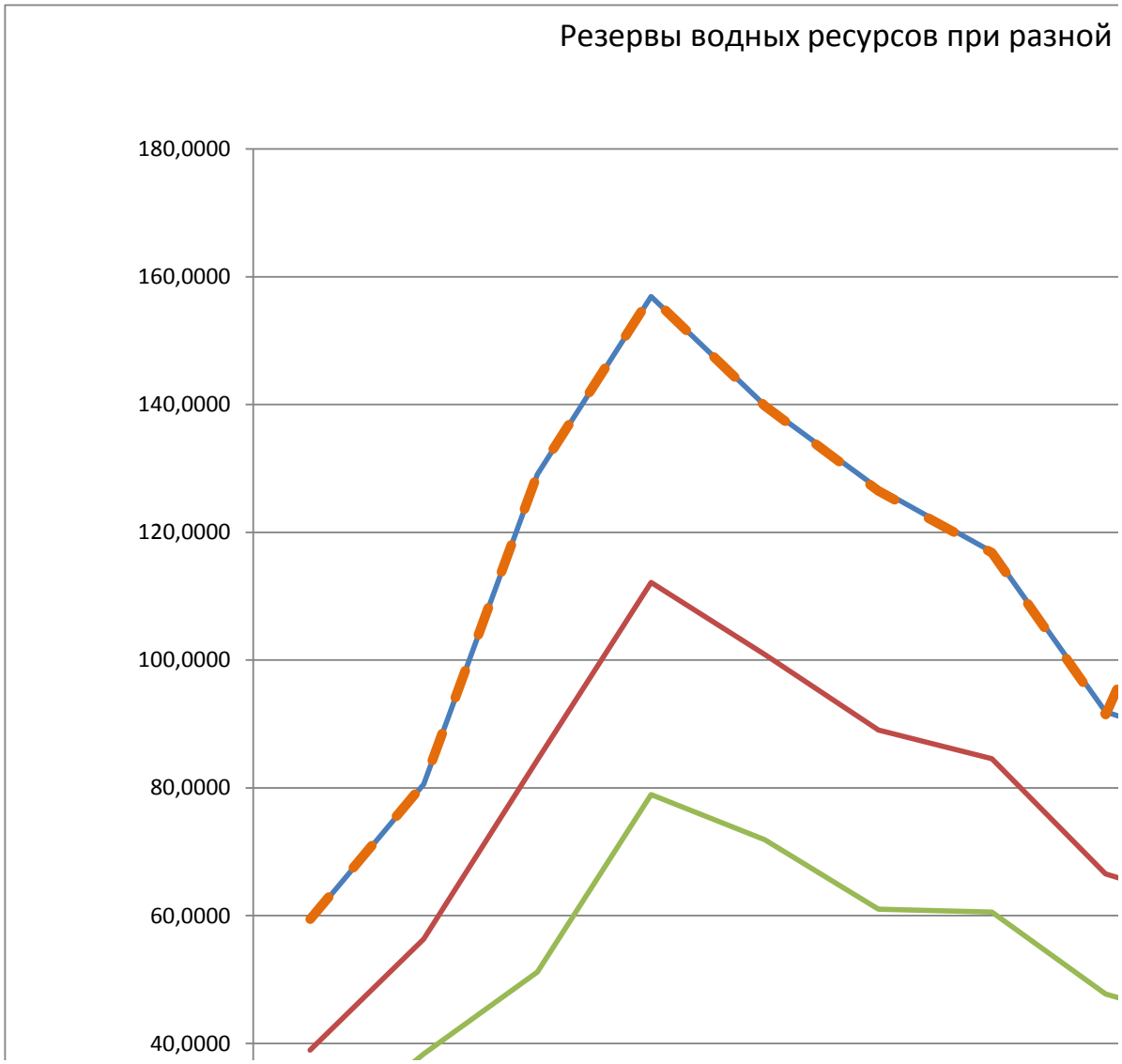

Рис.3.18. Пример результатов расчета водохозяйственного баланса в форме диаграммы при разной обеспеченности и с учетом изменений климата

В конце листа также приводится расчет водохозяйственного баланса для ВХУ при 50% обеспеченности с учетом изменения климата на 2012-2050 гг.

При расчете водохозяйственного баланса для ВХУ при 50% обеспеченности с учетом изменения климата на 2012-2050 гг. используются такие данные (указанные на листе **"Исходные данные"**):

- прогнозные величины испарения;

- прогнозные величины изменений стока на период 2021 – 2050 гг. на основании расчетов изменений климатических параметров.

Также при расчете водохозяйственного баланса для ВХУ при 50% обеспеченности с учетом изменения климата на 2012-2050 гг. используются значения прогноза водопользования, вводимые пользователем самостоятельно в % от водопользования года, для которого рассчитан баланс.

Для обеспечения помощи пользователям программы разработана интерактивное руководство пользователя (Help), содержащее полное описание всего функционала базы данных, ГИС и программы сбора данных и расчета баланса (рис. 3.19).

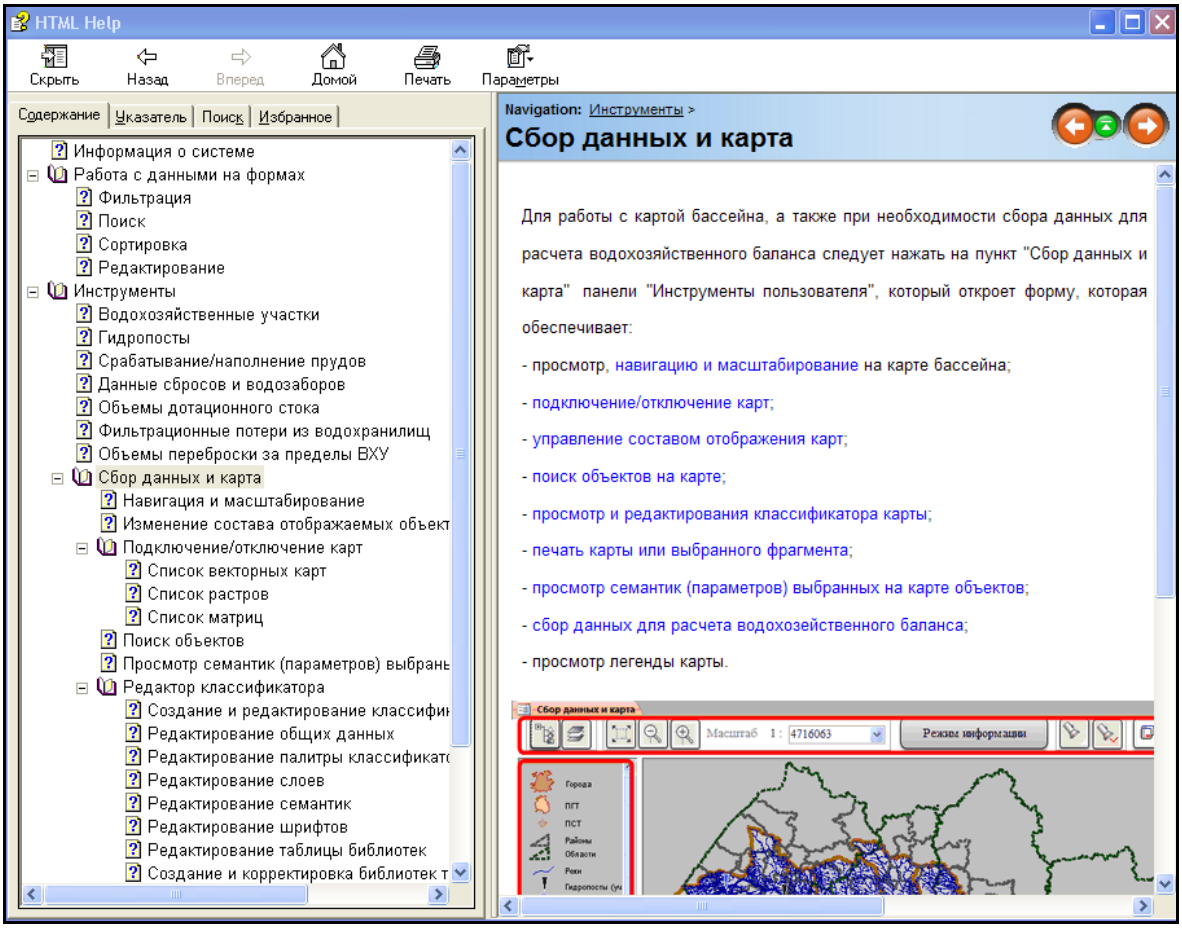

Рис.3.19. Электронное руководство пользователя

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишневський В. І. Гідрологічні характеристики річок України / В.І.Вишневський, О.О.Косовець. – К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с.
2. Коробов Р., Николенко А., Новые проекции антропогенного изменения климата Молдовы в XXI столетии, In: Климат Молдовы в XXI веке: проекции изменений, воздействий, откликов, Коробов Р. (ред.), Elan-Poligraf: Кишинэу, 2004. 54-97 с.
3. Левківський С. С., Падун М. М. Раціональне використання і охорона водних ресурсів. – К: Либідь, 2006. – 280 с.
4. Водный Кодекс Украины (Постановление Верховной рады Украины № 214/95-ВР от 06.06.1995 г., Ведомости Верховной Рады Украины, 1995, № 24, ст.189; с изменениями и дополнениями в Законах Украины 2000-2014 гг.).
5. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу / В.В. Гребінь, В.Б. Мокін, В.А. Сташук, В.К. Хільчевський, М.В. Яцюк, О.В. Чунарьов, Є.М. Крижановський, В.С. Бабчук, О.Є. Ярошевич – К. : Інтерпрес ЛТД, 2013. – 55 с.
6. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом / [В.А. Сташук, В.Б. Мокін, В.В. Гребінь, О.В. Чунарьов] / За ред. В.А. Сташука. – Херсон, 2014. – 320 с.
7. Официальный сайт Государственной Гидрометслужбы Молдовы / http://www.meteo.md/hidro/buclet2011/post.jpg
8. Официальный сайт Днестровско-Прутского бассейнового управления водных ресурсов / http://dpbuvr.gov.ua
9. Проект инициативы ENVSEC "Снижение уязвимости к экстремальным наводнениям и изменению климата в бассейне реки Днестр («Днестр-III: наводнения и климат»)" – Заключительный отчет – Задача 1, 2012. – 118 с.
10. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Западная Украина и Молдавия / [Под ред. М.С. Каганера]. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – Вып.1. Т.6. – 1969. – 884 с.