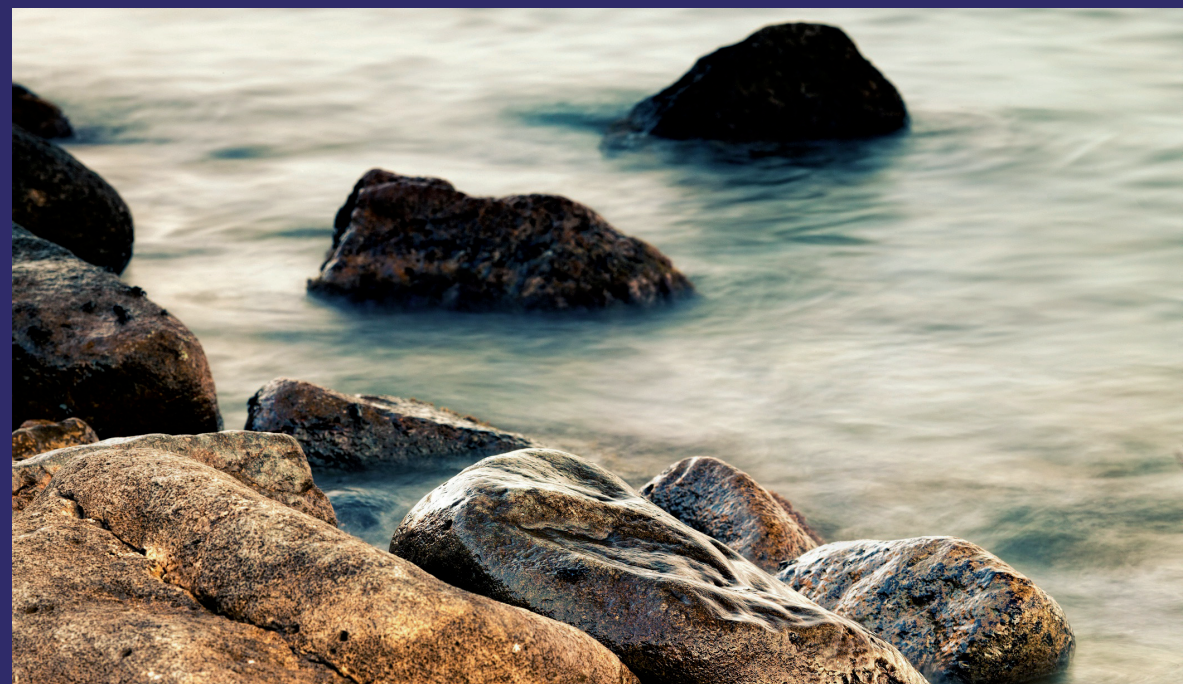


В монографии обобщаются результаты цикла исследований территории р. Тисы. Осуществляется анализ природо-климатических условий, исследование мониторинга. Определены зоны затоплений. На основе топографо-геодезических исследований проанализировано состояние эрозионных процессов данной территории. Описано программное обеспечение, в котором заложена возможность использования при прогнозировании паводкового стока, как данных наблюдения, так и рассчитанных. Разработаны методики усовершенствования пропуска дождевых паводков. Рассчитана на преподавателей, научных работников и специалистов-практиков в области предотвращения паводковых ситуаций.

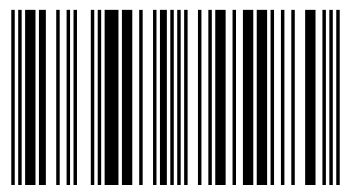
Оценка поверхностных вод р. Тисы



Татьяна Мельник



Родилась 05.08.1969 г. в пгт. Клевань Ровенского района в семье преподавателей математики. 1986-1991 гг. – студентка НУ «Львовская политехника» специальности прикладная математика. 15 лет научно-преподавательского стажа. Живу в г. Львов. Имею двух дочерей и зятя.



978-3-659-74598-0

## Оценка поверхностных вод р. Тисы

Мельник

LAP  
**LAMBERT**  
Academic Publishing

**Татьяна Мельник**

**Оценка поверхностных вод р. Тисы**



**Татьяна Мельник**

## **Оценка поверхностных вод р. Тисы**

**LAP LAMBERT Academic Publishing**



## **Impressum / Выходные данные**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Coverbild / Изображение на обложке предоставлено: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com)

Verlag / Издатель:

LAP LAMBERT Academic Publishing

ist ein Imprint der / является торговой маркой

OmniScriptum GmbH & Co. KG

Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland / Германия

Email / электронная почта: [info@lap-publishing.com](mailto:info@lap-publishing.com)

Herstellung: siehe letzte Seite /

Напечатано: см. последнюю страницу

**ISBN: 978-3-659-74598-0**

Zugl. / Утверд.: НУ "Львовская политехника"

Copyright / АВТОРСКОЕ ПРАВО © 2015 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Все права защищены. Saarbrücken 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	2
РАЗДЕЛ 1 .....	9
ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	9
БАССЕЙНА Р. ТИСЫ В ПРЕДЕЛАХ Г. РАХОВ .....	9
1.1. Физико-географическое и геоморфологическое условия р. Тисы в пределах г. Рахов с точки зрения решения проблемы паводконебезопасных ситуаций .....	9
1.2. Топографо-геодезические исследования с целью регулирования русла р. Тисы в пределах г. Рахов .....	13
1.3. Топографо-геодезические обследования для исследования экзогенных процессов р. Тисы в пределах г. Рахов.....	18
РАЗДЕЛ 2 .....	31
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА Р. ТИСЫ.....	31
2.1. Климатические условия .....	31
2.2. Оценка исходных данных .....	66
2.3. Общая характеристика режима р. Тисы и ее приток .....	71
2.4. Паводковый сток .....	90
2.4.1 Паводка холодного периода .....	90
2.4.2 Паводки теплого периода.....	100
2.4.3 Расчеты паводка.....	104
РАЗДЕЛ 3 .....	112
ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА ВОДЫ НА ВОДОСБОРАХ БАССЕЙНА Р. ТИСЫ .....	112
3.1. Инженерно-геологические условия формирования стока .....	112
3.2. Геологические процессы .....	114
3.3. Геоморфологические условия.....	116
РАЗДЕЛ 4.....	124
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	124
4.1. Теоретические подходы .....	124
4.2. Элементы исследования системы мониторинга гидрологического режима.....	127
4.3. Элементы автоматизации управления водными ресурсами .....	131
4.4. Современный стан Автоматизированной информационно-измерительной системы АИВС-“Тиса” .....	133
4.5. Применение ГИС для потребности предупреждения стихийных гидрологических явлений .....	136
РАЗДЕЛ 5 .....	144
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАВОДКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕК БАССЕЙНА Р. ТИСА .....	144
5.1. Применение метода анализа пропускной способности .....	144
5.2. Использование экстраполяции для усовершенствования методов прогнозирования .....	150
5.3. Оценка территории зон возможного затопления бассейна р. Тисы .....	160
5.4. Общий анализ, пути и средства решения проблемы тало- дождевых паводков территории бассейна р. Тисы .....	173
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ.....	186
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	188
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	201

## ВВЕДЕНИЕ

Закарпатская область принадлежит к наиболее паводобезопасным регионам Европы. Основными причинами формирования паводков на реках области, которые повторяются 3 – 8 раз на год, есть природно-климатические особенности Карпатского региона. Формирование паводков здесь происходит вследствие резкого подъема уровней воды в реках, которая приводит к затоплению территорий населенных пунктов, производственных объектов и причиняет значительные убытки экономике области. За выводами специалистов, суммарные убытки от паводков в регионе за последние 20 лет в современных ценах составляют почти 5 млрд. гривен. Такая же проблема существует и в других государствах, которые расположены в бассейне р. Тисы, которая нуждается в международной координации действий для ее преодоления. Поэтому еще в 2001 году за инициативы Премьер-министров Украины и Венгрии была начата работа Водного Форума бассейна р. Тисы (при участии 5 стран: Румынии, Словакии, Сербии и Черногории, Венгрии и Украины), который осуществляет свою работу в рамках Международной комиссии по защите р. Дунай) [1-4].

Проблемой защиты от паводков в Закарпатском регионе занимаются уже много лет, а эксплуатация противопаводковых сооружений началась еще в 18 столетии. Для защиты от вредного действия вод за годы к обретению Украиной независимости в Закарпатской области построено свыше 690 км земляных дамб, 274 км берегоукреплений, отрегулировано свыше 1 300 км русел рек и каналов, построено и реконструировано 49 насосных станций и 9 водохранилищ комплексного назначения. Однако, поскольку противопаводочные сооружения строились в разное время и рассчитывались на разную обеспеченность паводков, они уже не отвечают современным нормативно-техническим требованиям и не обеспечивают целостность противопаводкового комплекса области.

Таким образом, имеющийся противопаводочный комплекс обеспечила защита населенных пунктов, производственных объектов и сельскохозяйственных угодий лишь на 30% территории области. Кроме того, поскольку

финансирование предыдущих программ составило лишь четвертую часть от предусмотренных объемов, то убытки только от одного катастрофического паводка 1998 года превысили 800 млн. гривен.

Для ликвидации последствий этого паводка Правительством была принята Программа противопаводковых мер в Закарпатской области на 1999-2000 года (постановление от 31 марта 1999 г. № 488), которой предполагалось выполнение работ общей стоимостью 71,4 млн. гривен. Фактически же ее было профинансировано на 45 процентов, а выполнены работы лишь от 17 до 46 процентов. Но даже эти объемы выполненных работ позволили более чем вдвое уменьшить убытки от паводка 2001 года (317 млн. гривен) в сравнении с 1998 годом [1-4].

На исполнение поручения тогда Премьер-министра Украины Виктора Андреевича Ющенко Госводгоспом вместе с МЧС и Закарпатской облгосадминистрацией с учетом современного мирового опыта противопаводкового строительства в 2001 году была разработана Схема комплексной противопаводковой защиты бассейна р. Тисы. Генеральным направлением Схемы определены комплексный подход к прогнозированию и управлению паводковым стоком за счет строительства противопаводковых емкостей в горной части области и польдеров – в низменной, которые обеспечивают срезание паводковой волны и уменьшение интенсивности паводкового стока. В частности, во время прохождения сверхвысоких паводков, повторяемостью 1 раз на 100 лет, это позволяет уменьшить максимальный объем стока почти на 550 млн.куб.м путем него аккумуляирования.

В целом в бассейне р. Тисы, с учетом приток воды из Румынской территории, расчетный расход воды на государственной границе с Венгрией в с. Вилкок уменьшится с 5,8 тыс. куб. м/с до 3,2 тыс. куб. м/с (на 35-40%), а уровень воды – на 100 – 150 см. Для реализации предусмотренных Схемой противопаводковых мер Госводхозом, по согласованию с областной и районными государственными администрациями, а также с учетом первоочередных объемов работ, предложенных органами местного самоуправления, была разработана Программа комплексной противопаводковой защиты в бассейне р. Тиса в Закарпатской области на 2002 - 2006 года и прогноз до 2015 года, которая

утверждена постановлением Кабинета Министров Украины от 24 октября 2001 г. № 1388 (общая стоимость мер 1,4 млрд. гривен) [1-4].

Программой предусмотрено создания единого противопаводкового комплекса и прогнозирование паводков и зон затопления, оперативное оповещение всех участников водохозяйственного комплекса бассейна р. Тисы об угрозе возникновения и прохождения паводков, а главное - активное управление паводковым стоком путем осуществления организационных и инженерных мер на водосборной площади, чего до сих пор не предусматривала ни одна из противопаводковых программ по Закарпатской области. Принципиально новые технические решения указанной Программы, одобренные странами-участницами Водного Форума, который является также важным шагом в решении противопаводковых проблем Притисайских стран. В рамках международного сотрудничества и межправительственных соглашений Госводхоз и Закарпатская облгосадминистрация, для ускорения выполнения первоочередных мер Программы, активно привлекали международную финансовую и техническую помощь Швейцарии, правительств США, Венгрии, Дании и организаций Европейского Союза. Общая сумма международной технической помощи для реализации задач Программы уже представляет близко 8-мы млн. долларов США.

Правильность выбора приоритетов при определении первоочередных работ по восстановлению и усилению противопаводковых сооружений при ограниченном финансировании подтвердил зимне-весенний паводок 2005-2006 лет, что за своими показателями почти равнялись паводку 2001 года. Восстановленные, реконструированные и построенные за 4 года (2002-2005 гг.) 19 км берегоукрепления, 39 км защитных дамб и 5,6 км отрегулированных русел рек обеспечили практически безаварийный пропуск этого паводка. Проблема противопаводковой защиты в Закарпатской области решена не была.

Все это предоставило основу для новых исследований морфометрических и гидравлических характеристик р. Тисы и ее притоков, целью которых являются создания основы и проведения мониторинга для обоснования проектных работ и повышения надежности запроектированных сооружений. Актуальность исследований вызвана необходимостью гидро морфологического обследования на реках бассейна Тисы с применением методов инженерно-гидрологических

расчетов на реках бассейна с учетом наиболее современных данных наблюдений и специфики естественных условий региона для дальнейшего усовершенствования предупреждения паводонебезопасных ситуаций на Закарпатье.

В задачи исследований входило:

- осуществить гидрологическую изученность и оценку исходных данных;
- исследовать инженерно-геологические и гидрогеологические условия;
- проанализировать научно-методические особенности уровней воды;
- осуществить описание действующей и запланированной системы противопаводковой защиты;
- усовершенствовать опыт применения математических моделей дождевого и снегодождевого стока для прогнозирования паводков;
- осуществить оптимизацию научно-методической базы для разработки и реализации моделей прогнозирования.

Исследование основывается на применении материалов научно-технической литературы, рабочих проектов объектов берегоукрепления, документации относительно построенных объектов на реках бассейна, как стандартного математического обеспечения Microsoft Office, так и специального программного обеспечения Autocad, пространственных данных Arcgis.

Научная новизна заключается в том, что в рамках исследований собран и проанализирован материал наиболее современных данных наблюдений. На основании материалов выискиваний на участке проведения мониторинга, охарактеризован паводковый сток, гидрологические и гидрогеологические условия территории. Предоставлены рекомендации относительно противопаводковой защиты от вредного воздействия паводковых вод.

## **СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ ЗА ТЕМОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

**( в научных профессиональных изданиях)**

1. Б. Волосецкий, Т. Мельник Топографо-геодезические обследования для исследования экзогенных процессов г. Тисы в пределах г. Рахов с точки зрения решения проблемы тало-дождевых паводков. // Сборник научных

работ «Современные достижения геодезической науки и производства», Вып.И (17), ст.163-171, – Львов, – 2009 г.

2. Мельник Т.П. Общий анализ, пути и средства решения проблемы тало дождевых паводков территории бассейна р. Тиса. // Научно-технический сборник «Гидравлика и гидротехника», Вып. 63. - К.: НТУ, 2009.
3. Мельник Т.П. Моделирование стока р. Тиса с учетом максимальных расходов приток. // Таврический вестник информатики и математики, №1 (20)\*2012. - С. 73-76.
4. Мельник Т.П. Некоторые аспекты математического моделирования формирования процесса стока рек Закарпатья. // Научн. журнал №2(19) 2008 год «Математическое моделирование» ст. 50-54.
5. Мельник Т.П. Применение ГИС для потребности предупреждения стихийных гидрологических явлений. //Вестник ХНУ №1037. Серия «Математическое моделирование. Информационные технологии. Автоматизированные системы управления» – Вып. 20, 2012. - С. 125-132.
6. Сапсай Г.И., Чипак В.П., Мельник Т.П. Автоматизация организации данных управления водными ресурсами в бассейновые реки Тиса. // Вестник НУВХП. Сборник научных работ. - Вып. 4(36). - Ровно.: НУВГП, 2006. - С. 95-102.
7. Сапсай Г.И., Чипак В.П., Мельник Т.П. Элементы автоматизации управления водными ресурсами в бассейне реки Тиса. // Вестник НУВХП. Сборник научных работ. - Вып. 4(36). - Ровно.: НУВХП, 2006. - С. 102-109.

#### **Дополнительные публикации**

1. Якушев А.И., Зубач В.М., Мельник Т.П. Гидроморфологический мониторинг стока рек бассейна р. Тисы и ее приток . - Ровно: Волынские береги, 2009. - 64 с.
2. Мельник Т.П. Анализ изменений характеристик влияния оптимизации противопаводковых мер бассейна р. Тисы на основе исследования и стохастического моделирования процессов формирования стока. - Ровно: Волынские береги, 2009. - 216 с.

3. Мельник Т.П. Методы вычисления на ЭОМ. Delphi и ООП. PERL. - Ровно: Волинские береги, 2009. - 128 с.

#### **Internet конференции**

1. Приплесь А.Й., Зубач В.М., Мельник Т.П. Топографо-геодезические исследования с целью регулирования русла р. Тисы в пределах г. Рахов // *Materialy IV mezynarodowej naukowí – praktycznei konferencji “Naykowym progres na rubiezy tesiacleci – 2008”* Тым 17. *Chemia i chemiczne technologie. Ekologia. Geografia i geologia.*: Przemysl. Nauka i studia. - S72-76.
2. Приплесь А.Й., Щучак М.Д. Мельник Т.П. Физико-географическое и геоморфологическое условия р. Тисы в пределах г. Рахов с точки зрения решения проблемы паводкобезопасных ситуаций на Закарпатье // *Materialy IV mezynarodowej naukowí – praktycznei konferencji “Aktualne problemy nowoczesnych nauk - 2008”* Тым 20. *Chemia i chemiczne technologie. Ekologia. Geografia i geologia. Weterynaria*: Przemysl. Nauka i studia. - S83-86.
3. Мельник Т.П., Мельник С.Н. Применение экстраполяции кривой зависимости  $q=q(h)$ . // *Материали за 8-а международна научна практична конференция, «Научният потенциал на света», - 2012. Том 16. Математика. Съвременни технологии на информации. София. «Бял ГРАД-БГ» ООД -, ст 42-44.*
4. Мельник Т.П. Оценка поверхностных вод р. Тисы в пределах г. Рахова. *Materialy VI mezynarodni vedecko – prakticka konference “Vedecky prumysl evropskeno kontinentu – 2010”*. -Dil 21. *Ekologie. Chemie a chemicka technologie. Zemepis a geologie. Zemedelstvi*: Praha. Publishing House “Education and Scince” s.r.o. - S.9-12.
5. Мельник Т.П. Исследование потоков русла р. Тисы // *Материали за 4-а международна научна практична конференция, «Динамика исследования», – 2008. Том 25. Селско стопанство. Ветеринарна наука. География и геология. София. «Бял ГРАД-БГ» ООД. – С. 64.*
6. Мельник Т.П. Технология создания информационной системы // *Материалы III Международной научно-практической конференции «Актуальные*



проблемы современных наук: теория и практика – 2006». Том 10. - Днепропетровск: Наука и образование, 2006. - С. 54-63.

7. Чипак В.П., Сапсай Г.И., Мельник Т.П. Элементы автоматизации системы государственного мониторинга гидрологического режима рек. // Материалы I Международной научно-практической конференции «Передовые научные разработки – ‘2006». - Том 6. - Днепропетровск: Наука и образования, 2006. - С. 35-40.

**РАЗДЕЛ I**  
**ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**  
**БАССЕЙНА Р. ТИСЫ В ПРЕДЕЛАХ Г. РАХОВ**

**1.1. Физико-географическое и геоморфологическое условия р. Тисы в пределах г. Рахов с точки зрения решения проблемы паводконебезопасных ситуаций**

Закарпатская область принадлежит к наиболее паводкоопасным регионам Европы. Основными причинами формирования паводков на реках области, которые повторяются 3-8 раз на год, есть природно-климатические особенности Карпатского региона. Формирование паводков здесь происходит вследствие резкого подъема уровней воды в реках, которое приводит к затоплению территорий населенных пунктов, производственных объектов и причиняет значительные убытки экономике области [5].

Исследуемый район находится в наиболее высокой части Украинских Карпат – Полонинско-Черногорских Карпатах. Средние высоты здесь превышают 1500 м, а максимальные – 2000 м. Восточным орографичным продолжением наивысшего Полонинского хребта есть горный массив Свидовец с максимальной высотой 1880 м. (г. Близница), расположен между Тересвой и Черной Тисой, и наивысший и самый большой массив Черногора между Черной Тисой, Белой Тисой и Черным Черемошом. На этом горном массиве есть семь вершин, высота которых большая 2 тыс.м., наивысшая среди них Говерла (2061 м).

Современный этап развития рельефа характеризуется общими неравномерными поднятиями, которые вызвали врезание рек в коренные породы и аллювиальные отложения предыдущих этапов, интенсивный размыв нижней части склонов. Эрозо-аккумулятивные деяния рек и временных горных потоков, плоскостной смыв и яровая эрозия, сдвиги, обвалы, осыпи, а также физическое выветривание – главнейшие внешние факторы и явления в развитии современного рельефа.

Поскольку рельеф Украинских Карпат формировался на протяжении неогена-антропогена, неотектоника есть здесь решающим морфо генетическим фактором. Новейшие движения имели дифференцированный характер и отображали зональный характер структуры Украинских Карпат. Самые большие амплитуды поднятия достигли в юго-восточной части Внутренней зоны (Свидовец, Черногора, Раховский массив), а амплитуда вертикального расчленения достигает 1000 – 1500 м. Свыше 1000 м достигают относительные высоты на отдельных участках Подольского хребта. О новых значительных движениях свидетельствуют и морфологические особенности речных долин – верховья Тисы образуют глубокие долины, которые местами приобретают вид ущелий.

Река Тиса образовывается от слияния Черной и Белой Тисы за 4 км выше г. Рахов. Черная Тиса ведет начало на северо-восточном склоне хребта Свидовец на высоте 1400 м. Длина ее 49 км, площадь бассейна 567 км<sup>2</sup>. Бассейн Черной Тисы целиком лежит в горной местности, которая определяет горный характер режима и строения долины реки. Долина ее глубокая, слабоизвилистая. Белая Тиса ведет начало на юго-западном склоне Черногорки на высоте 1650 м и течет в широтном направлении с востока на меру, отделяя своим руслом Черногора от Раховского массива. Долина глубокая узкая слабоизвилистая, с крутыми за облесенными склонами, часто скалистыми. Длина ее 19 км, площадь водосбора 489 км<sup>2</sup>. От места образования р. Тисы течет в юго-западном направлении по узкой долине, сжатой высокими стремительными склонами. Долина реки в данном районе асимметрическая шириной долины в г. Рахов 0,4 – 0,5 км. Пойма реки двусторонняя высотой 1,5 – 2,5 м над урезом воды. Поверхность поймы равнинная, местами слабоволнистая. Первая надпойменная терраса прослеживается фрагментарно. Высота террасы 3-4 г. Русло слабоизвилистое шириной 20-70г. Поверхность поймы во время наводнений и паводков затапливается [5].

В геоморфологическом отношении исследуемый участок размещен в пределах внутренней антиклинальной зоны Карпат Полонинско-Черногорской области в районе альпийского и среднегорного рельефа антиклинальных горных групп Свидовца и Черногорки. Свидовец является продолжением Полонинского

хребта. Южный склон Свидовца расчленен глубокими долинами рек – приток р. Черная Тиса. Черногора объединяет наивысший горный массив Украинских Карпат. Она занимает Черногорскую тектоническую зону, осложненную складчатостью. Гребень водораздельного

хребта приурочен к зоне наиболее стойких меловых песчаников и конгломератов.

В пределах флицевых Карпат выделяют несколько покровных флицевых структур: Черногорскую, Поркулецкую, Дуклянскую, Мазурскую и Руховскую. Все они – покровные чехлы, составленные меловым и палеогеновым флицем. Перечисленные структурные единицы различаются между собой строением флицевых отложений, которые их составляют и некоторыми морфологическими особенностями складчатых и разрывных дислокаций. Исследуемый район принадлежит к Поркулецкому покрову – крупнейшей структурной единице Флицевых Карпат Закарпатье. Ее покровное строение четко прослеживается на Петровском тектоническом полуостанце, что свидетельствует о надвиге покрова на север, по меньшей мере, на 12 км. Восточная часть покрова (Билотисенский участок) характеризуется общим поднятием, и в ее границах отклоняются только меловые толщи.

Исследуемый участок размещен в Черногорской зоне Флицевых Карпат. На северо-востоке по региональной надвижке она надвинута на Скибовую зону. Из юго-запада на нее надвинута Руховская зона. Тектоническое лицо зоны определяется большими лускуватыми структурами, ограниченными из северо-востока стремительными разрывами, которые спадают на юго-запад. В ядерных и передних их частях сильно развиты измятые породы нижнего мела, на юго-западных пологих крыльях – более молодые отложения верхнего мела. Здесь выделяется комплекс песчаного и песчано-глинистого флища представленного грубослоистыми и массивными серыми песчаниками с прослойками алевролитов и аргилитов. Мощность их больше 800 м. На склонах развиты нерасчлененные элювиальные и элювиально-делювиальные щебенисто-глинистые отложения мощностью до 5 г. Современные аллювиальные отложения составляют первую надпойменную террасу, заплава и русло. Представленные они галечными отложениями с включением валунов.

Район выискиваний характеризуется сейсмичностью 7 баллов, по сложности инженерно-геологических условий участок работ относится к II категории [5].

Эрозо-аккумулятивная деятельность рек определяется особенностями климата, геологического строения, рельефа, наиновейшие тектонические движения и растительный покров. Поперечные долины р. Тисы, Черной Тисы часто становятся узкими, падения русел и скорость течения возрастает, дно долины завалено глыбами песчаников. Наблюдается также интенсивный боковой размыв нижних террас.

Плоскостной смыв. Смывные склоны приурочены к песчано-глинистым отложениям мелового флища, имеют крутизну  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ , покрытые маломощными щебенистыми грунтами, местами полностью смытыми. На таких склонах распространенные щебенистые осыпи и эрозионные колдобины, по которым обломочный материал износится вниз. Это усиливает селенебезопасных горных потоков.

Селевые явления обусловлены такими естественными факторами: резкая расчлененность бассейнов горных рек, значительное падение русел, наличие крутых склонов, слабая денудационная стойкость флищевых толщ, значительная мощность рыхлого материала на склонах, распространение безлесных площадей, большой поверхностный сток. Селенебезопасный в Свидовецкой горной группе, кроме того, усиливается преимуществом в Полонинской и Приполонинской зоне водосборов с крутыми склонами плоскостного стока. Ниже потоки пересекают обвально-осыпные склоны. Количество обломочного материала возрастает за счет плоскостного смыва, усиленного лесными вырубками.

Обвально-осыпные процессы распространены в Свидовецко-Черногорской зоне принадлежащие к крутым склонам ( $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ ), где отслаиваются палеогеновые и меловые песчаники. Распространения реликтовых каменных россыпей и осыпей особенно усиливает обвально-осыпные процессы в местах лесовырубок. На таких склонах восстановление лесного покрова становится невозможным. В долинах Свидовецкой горной группы осыпные процессы являются причиной возникновения селей.

Выполнены инженерно-геологические выискивания для определения глубины залегания коренных пород в русле р. Тисы в пределах г. Рахов на длине 2 км. Пробурено 8 буровых скважин механическим колонковым образом на левом берегу реки из русла, заплавы и террасы. Выполнено вертикальное электроразведывание по 16 точкам, отобраны пробы и определен гранулометричный состав галечных грунтов заплавы. На отдельных поперечниках проведены более детальные выискивания в русле. Пробурено 18 свердловин глубиной 2,2 – 2,8 м. Глубина залегания коренных пород определялась на четырех поперечниках и на участке водосбора [1-4].

При проектировании гидротехнических сооружений необходимо избегать мер, которые меняют гидрологический режим реки – при увеличении скорости течения увеличивается интенсивность донной эрозии. Поэтому нельзя снижать местный базис эрозии, суживать и выпрямлять русло, необходимая расчистка русла в случаях возникновения завалов русла реки обвалами, осыпями, сдвигами, селевыми выносами. Необходимо также учитывать, что современные тектонические движения приводят к поднятию территории и, как следствие, к усилению эрозионной деятельности.

## **1.2. Топографо-геодезические исследования с целью регулирования русла р. Тисы в пределах г. Рахов**

В результате катастрофических паводков, которые периодически проходят в Закарпатье, меандрирования русла р. Тисы, появились новые участки русел с активной эрозией их берегов, берегоукрепления на которых требуются частичные или полное восстановление. Регулирование русел и берегоукреплений носят локальный характер и должны выполняться для улучшения условий пропуска наводнений и восстановления и стабилизации естественных параметров русел на отдельных участках рек.

Восстановление и стабилизация русел приведет к уменьшению уровней воды на этих участках и будет содействовать уменьшению потери земельного фонда от переработки берегов. Кроме увеличения пропускной способности, в

отдельных случаях спрямления русл содействует сокращению дамб обвалования и увеличению площадей, которые защищаются. Вынутый грунт может быть использован для строительства защитных дамб, что будет содействовать уменьшению площади необходимых карьеров местных строительных материалов. При такой организации работ добыча материала в местах интенсивного отложения наносов есть целесообразным.

В административном отношении участок выполнения выскиваний находится в Закарпатской области в г. Рахов в пойме р. Тиса

На участке, что рассматривается р. Тиса течет в юго-западном направлении по узкой долине, сжатой высокими стремительными склонами, сохраняя горный характер.

Пойма исследуется на отдельных участках узкой полосой 30-50 м, лишь в нижней части г. Рахов расширяется до 400-500 г. Поверхность ее равная с незначительным склоном к реке в приустьевой части заросшая вербами и ольховыми кустами, составленная суглинистыми грунтами с примесью гальки, используется под огороды. Русло извилистое, неразветвленное, глубиной 0.7-2.0 м. Скорость течения 1,4-2,0 м/с. Дно неровное, составленное из камня диаметром 15-25 см, заставленное крупными камнями и валунами. Берега крутые, местами обрывистое, высотой 2-4 м, подвергаются значительной эрозии.

Характерной особенностью уровневого режима есть то, что максимальный уровень воды может наблюдаться в любую пору года. В среднем в год наблюдается 8-10 паводков. Размещение исходных пунктов приведения в таблице 1.1., а нивелирной сети – таблица 1.2. [1-4].

Таблица 1.1.

Исходные пункты полигонометрии

/п	Название пункта	Координаты X      Y Полигонометрия		ласс	Высота, м	Примечание
	ПП-№22	2819,153			433,669	
		3198,035				
	ПП-№23	2929,736			433,241	

		3344,090			
	ПП-№108	5029,080 5338,220		456,419	пункты
	ПП-№109	4926,390 5204,350		458,429	сохраненные
	ПП-№14159	4493,803 3862,779		440,717	на
	Пп- №вр,209(Rp2092)	3993,381 3573,648			местности
	Пп- №вр,4345(Irp4345)	4149,663 3653,209		439,248	
	Пп- №вр,209(Rp2092)	3866,446 3516,516		439,852	
	ПП-№22	5389,900 5786,390		461,908	
0	ПП-№22	3689,140 3548,477		438,426	
1	ПП-№22	2425,632 1985,199		429,247	
2	ПП-№22	2497,039 2260,931		429,818	
3	ПП-№22	2338,300 1865,240		727,433	

Для изучения эрозионных процессов р. Тисы проложено магистральный теодолитный ход по березе реки с привязкой его к государственной геодезической сети. За исходные даны принятые пункты полигонометрии приведены в таблице 1.1.

На местности пункты магистрального теодолитного хода закреплены центрами продолжительного сохранения типа бетонного параллелепипеда.

Измерение углов проведены теодолитами типа 2Т5К, Theo-010В, двумя под приёмами, а линии – светлоотдалемерами СТ-5 «Блеск».



Система координат 1963 года (СК-63).

Предельные погрешности положения пунктов хода относительно пунктов ДГМ не должны превышать 0, 2 мм в масштабе плана.

Угловые невязки должны отвечать допуском, определенных за формулой:

$$f_{\beta} = \pm 20'' \sqrt{k}, \text{ где } k - \text{количество углов в ходе.}$$

Сравнение угловых и линейных измерений и вычисление координат плановой основы выполнена по программе точного сравнения сети полигонометрии и теодолитных ходов параметрическим методом на персональном компьютере (программа «ТОПОГРАФ») [5].

Таблица 1.2.

Графические материалы.

Название исходного репера	Место нахождение знака	Класс нивелирования	Абсолютная высота	Отсюда выписано репер
Ст.Рп.209	ул. Киевская, №8а	IV	440,088	ГУАМ Рахов
Ст.Рп.210	ул. Киевская, №25	IV	440,821	ГУАМ Рахов
Ст.Рп.211	ул. Киевская, №28	IV	446,146	ГУАМ Рахов
Ст.Рп.427	ул. Киевская, №95	IV	447,412	ГУАМ Рахов
Ст.Рп.4273	Устье реки 131/132 км	IV	456,792	ГУАМ Рахов

Высотная основа на местности закреплена 4 стенными реперами и 2 грунтовыми. Сведения о заложениях реперов приведены в таблице

Таблица 1.3.

Название репера	Местонахождение	Абсолютная высота м БС
--------------------	-----------------	------------------------------

Ст.Рп.100 0	Ростоки с., впадении р.Черная Тиса и р.Белая Тиса в р.Тиса, 9 метров на восток от моста на кромке полевой дороги	460,40
Ст.Рп.173 0	Рахов г., правый берег р.Тиса, ул.Киевская 202А 1.66м к изгороди, 6.42м к углу дома №202	452,03
Ст.Рп.158 3	Рахов г., правый берег р.Тиса, ул.Киевская 95 2-х поверхностный дом	447,37
Ст.Рп.100 4	Рахов г., левый берег р.Тиса, в подпорной стенке напротив городского рынка, 112 м вниз по течению от автомобильного моста	434,56
Ст.Рп.105 3	Рахов г., на территории картонной фабрики пилюрама в мастерские 2-х поверхностного дома	445,04
Ст.Рп.123 2	Рахов г., на территории картонной фабрики в доме автогаражей	445,97

Топографическое снятие береговой линии р. Тисы в масштабе 1:1000 – 25 га с сечением рельефа через 0,5 м.

Масштаб снятия, перерез рельефа, а также необходимая точность основы для выполнения топографического снятия отвечает требованиям ВСН-3.3-2.11.07.87 и Снипа 1.02.07-87. Мензульное снятие выполнено на планшетах из лавсановой пленки в прямоугольной разграфке с разбивкой сетки квадратов со сторонами 10 см.

Для выполнения снятия русла применен мензульный комплект КН и Н-3.

Густота пикетов согласно категории составляет не меньше 16 на 1 дм<sup>2</sup>.

Высоты характерных точек, рельефа, пикетов определены и выписаны на планшеты. Кроме высот пикетных точек, нужных для снятия рельефа, определены и подписаны на планах отметки мостов, верха и подошвы насыпей, сечения дорог, колодцев и других характерных деталей на местности.

От известных на местности исходных пунктов и пикетов магистрального теодолитного хода выполнена разбивка поперечников в обе стороны магистрального хода перпендикулярно к руслу р. Тисы.

Проведено техническое нивелирование по пикетажу поперечников. Сделаны промеры глубины русла р. Тисы [5].

Применение данных выискиваний на площади водосбора р. Тисы в пределах г. Рахов позволит значительно уменьшить твердый сток, привести речной сток в границы, которые имели место к катастрофическим паводкам и увеличить экологическую надежность и эффективность регулирования стока и берегоукрепления русел.

### **1.3. Топографо-геодезические обследования для исследования экзогенных процессов р. Тисы в пределах г. Рахов**

Через сильные сливы июля этого года Раховский район оказался в водном плену. Общая сумма убытков здесь составляет 28 млн. гривен, в том числе общая стоимость 18 разрушенных домов – близко 5,4 млн. гривен [1-4].

Вследствие катастрофических паводков, которые периодически проходят в Закарпатье, меандрирования русел р. Тисы, появились новые участки русел с активной эрозией их берегов, берегоукрепления на которых требуют частичного или полного восстановления. Регулирование русел и берегоукреплений носят локальный характер и должны выполняться для улучшения условий пропуска наводнений и восстановления и стабилизации естественных параметров русел на отдельных участках рек.

Восстановление и стабилизация русел приведет к уменьшению паводковых уровней воды на этих участках и будет содействовать уменьшению потери земельного фонда от переработки берегов. Кроме увеличения пропускной способности, в отдельных случаях спрямления русл содействует сокращению дамб обвалования и увеличению площадей, которые защищаются. Вынутый грунт может быть использованный для строительства защитных дамб, которое будет содействовать уменьшению площади необходимых карьеров местных строительных материалов. При такой организации работ добыча материала в местах интенсивного отложения наносов есть целесообразным [5].

Прохождение больших паводков на реках Закарпатья сопровождается проявлениями стихии и катастрофическими следствиями. После двух катастрофических паводков 1998 и 2001 лет, институтом “Укрводпроект” при

участии ряда руководящих научных заведений Украины была разработанная "Схема комплексной противопаводочной защиты в бассейне р. Тисы". В качестве главного концептуального направления был принят комплексный подход: учет совершенства и развития действующей противопаводочной защиты в соединении с регулированием паводкового стока, как в горной части, так и на равнине, и устранение влияния негативных антропогенных факторов. Схема легла в основу согласованных противопаводочных действий 5 государств, которые вошли в "Тисайский Водный Форум": Украины, Венгрии, Румынии, Словакии, Сербии и Черногории. На основе Схемы в 2001г. разработана государственная Программа комплексной противопаводочной защиты в бассейне р. Тисы в Закарпатской области на 2002-2006 года и прогноз до 2015 года, скорректированная в 2006 году [1-4].

Наше исследование является развитием вышеупомянутых работ для бассейна р. Тисы и учитывает новые требования к проектам противопаводочной защиты с оценкой влияния на социальное развитие региона и природопользования.

Для получения исходных данных необходимы полевые измерения, которые выполняются геодезическими и гидрометрическими методами. На основе полученных данных проводятся прогнозные расчеты с использованием теоретических выкладок. Для расчетов величины потока в естественных и зарегулированных руслах рек данного региона необходимо осуществить теоретическое исследование и учитывая данные полевых исследований рассчитать расход и высоту уровней воды во время паводков.

Для проведения исследования использовались материалы наблюдений ДПРИ „Львовдепводхоз”. Особая признательность А. Якушеву, В. Зубачу, А. Приплесю, М. Гейсе и В. Шеину за представление материалов наблюдений, которые использовались в данной работе: топографические и тематические карты, справочно-методическая и специальная литература. Исследование основано на применении как стандартного математического обеспечения Microsoft Office, так и программного обеспечения Autocad. Использованные данные геоинформационной базы по максимальному стоку и картографические построения.

На основе анализа многолетних данных всегда целесообразно прослеживать, как влияют русловые процессы на зависимость между уровнями и расходами воды. Так в публикации [6,7] описаны изменения зависимости  $Q(H)$  за последние 50-55 лет бассейна р. Тисы, которые отображают последовательность русловых деформационных процессов близ гидрологических постов. Изменения, связанные с процессами русловых деформаций обработаны и в материалах [8,9]. Процессы, связанные с переформированиями долинно-руслового рельефа и деформациями русловых форм рассматриваются в [10-12], там же приведен обширный библиографический обзор и анализ состояния вопроса. В статье [13] рассматриваются явления переформирования морфотипов вследствие водной эрозии рек Карпатского региона. По результатам геодезических измерений в фиксированной системе наблюдения определены величины размывания и аккумуляции речных отложений р. Тересва, Закарпатской области. По результатам мониторинга динамики долинно-руслового рельефа, проведено на р. Тересва, сделаны выводы относительно прохождения паводка 1998 г. и следующих процессов эрозии за период с 1998 г. до 2004 г., а также размывание берегов и дна реки на одних участках и одновременно аккумуляции наносов на других участках реки. Анализ изменений зависимостей между расходами и уровнями воды, позволяет оказать и даже количественно оценить интенсивность русловых деформаций и стойкость, речные русла описаны в [14].

Учитывая распространение интенсивных русловых процессов в горной местности, нужно считать целесообразным и необходимым продолжить данное направление исследований, в частности территорий истока р. Тисы, где формируется дальнейший сток.

Необходимо осуществить топографические и геодезические работы площади водосбора р. Тисы, которые позволят получить числовые данные для вычисления гидроморфометрических параметров.

Обследование выполнено от автодорожного моста через р. Тису в южной части г. Рахова к слиянию рек Белая Тиса и Черная Тиса.

Выискивания проводилось с целью:

- надежно обеспечить геометрию и геологию поймы реки, включая также топографию правого берега;

- обеспечить основу для дальнейших топографических обследований, в частности мониторинга изменений дна (эрозия, отложение);
- обеспечить основу для оценки будущих изменений дна.

Топографо-геодезические работы выполнены в полном соответствии с требованиями нормативно-правовых и нормативно-технологических документов.

В административном отношении участок выполнения выискиваний находится в Закарпатской области вблизи и в пределах г. Рахов в пойме р. Тисы. На участке, который рассматривается, г. Тиса течет в юго-западном направлении по узкой долине, сжатой высокими стремительными склонами, сохраняя горный характер. Пойма г. Тисы исследуется на отдельных участках узкой полосой 30-50 м, и лишь в нижней части г. Рахова расширяется до 400-500 м. Поверхность ее ровная с незначительным склоном к реке в прирусловой части заросшая вербами и ольховыми кустами, составленная суглинистыми грунтами с примесью гальки, используется под земельные участки сельскохозяйственного использования. Русло извилистое, неразветвленное, глубиной 0.7-2.0 г. Скорость течения 1,4-2,0 м/с. Дно неравное, составленное из камня диаметром 15-25 см, заставленное большим камнями. Берега крутые, местами обрывистые, высотой 2-4 м, наблюдается значительная эрозия. Характерной особенностью уровневого режима есть то, что максимальный уровень воды (паводок) может наблюдаться в любую пору года. В среднем за год наблюдается 8-10 паводков.

На участке, где проводилось исследование, р. Тиса имеет горный характер, средний уклон равняется 0,0051. Долина реки асимметричная, в верхней части (от слияния Черной и Белой Тисы к автодорожному мосту в центральной части г. Рахов) больше развита в сторону левого берега, ниже по течению – в сторону правого берега. Пойма реки двусторонняя, повышается над меженным горизонтом на 1,5...4,5 м. Русло реки слабовзвистое, ширина его колеблется от 35 до 90 м. В геологическом отношении участок расположен в юго-западной части района альпийского и среднегорного рельефа антиклинальных горных групп Свидовца. В геологическом строении исследуемого участка работ на разведанную глубину принимают участие техногенные, современные аллювиальные и нижнемеловые отложения [15, 16].

Для изучения эрозионных процессов р. Тисы проложено магистральный теодолитный ход. На местности пункты магистрального теодолитного хода закреплены центрами продолжительного сохранения типа бетонного параллелепипеда. Измерение углы проведены теодолитами типа 2Т5К, Theo-010В, двумя полуприемами, а линии – светлоотдаломерами СТ-5 «Блеск» в условной системе координат. Предельные погрешности положения пунктов хода относительно пунктов ДГМ не должны превышать 0, 2 мм в масштабе плана. Угловые невязки должны отвечать допускам, которые определяются по формуле:

$$f_p = \pm 20'' \sqrt{n}, \quad (1)$$

где  $n$  – количество углов в ходе.

Сравнение угловых и линейных измерений и вычислений координат плановой основы выполнена, по программе точного сравнения сети полигонометрии и теодолитных ходов, параметрическим методом. Качественная характеристика ходов приведена в сведениях увязки плановой основы. Высотная основа на местности закреплена 4 стенными реперами и 2 грунтовыми. Сведения о заложенных реперах приведены в таблице 1.1.

Топографическое снятие береговой линии р. Тисы – 25 га в масштабе 1:1000 с перерезом горизонталями через 0,5 м. Масштаб снятия, сечения рельефа, а также необходимая точность основы для выполнения топографического снятия отвечает требованиям ВСН-3.3-2.11.07.87 и СНиПа 1.02.07-87. Мензульное снятие выполнено на планшетах с лавсановой пленкой в прямоугольной разграфке с разбивкой сетки квадратов со сторонами 10 см. Для выполнения снятия русла применены мензульный комплект КН и Н-3. Густота пикетов согласно категории составляет не меньше 16 на 1 дм<sup>2</sup> площади на планшете.

Высоты характерных точек, рельефа, пикетов определены и выписаны на планшеты. Кроме высот пикетных точек, нужных для снятия рельефа, определены и подписаны на планах отметки мостов, верха и подошвы насыпей, сечения дорог, колодцев и других характерных деталей на местности.

От известных на местности исходных пунктов и пикетов магистрального теодолитного хода выполнена разбивка поперечников перпендикулярно к руслу р. Тисы. Проведено техническое нивелирование по пикетажу поперечников. Сделаны промеры глубины русла р. Тисы.





материалов топосемки предыдущих лет, сравнение их с материалами геодезических выискиваний 2002 года, обследование участков после паводков 1998 и 2001 лет, определен характер эрозионных процессов в русле р. Тиса в пределах г. Рахова.

Для борьбы с негативными последствиями эрозионных процессов выполняют комплекс мер, таких как лесомелиоративные работы, строительство вододерживающих и водорегулирующих сооружений (горные канавы, валы), соблюдаться правила землепользования и агротехники. Донная эрозия проявляется в размывании и разрушении русл и коренных берегов, перенесении рыхлого материала с потоком. Наиболее распространенная в верховьях рек, где долины имеют каньоно-подобный характер со значительными наклонами поверхности.

Мощность рыхлых отложений здесь небольшая, поэтому река размывает и коренные отложения. В русле рек преобладает крупнообломочный валуно-брилловый материал. В среднем и нижнем участках рек начинает преобладать боковая эрозия. В периоды паводков быстрое течение рек интенсивно размывает поверхность пойменных террас, подмывает берега, что вызывает уничтожение пастбищ, сенокосов, посевов. Осуществляет разрушение путей, мостов и берегоукрепительных сооружений.

Следует отметить также, что [15, 16]:

- от ПП-41 к ПП-35 паводками 1998 и особенно 2001 лет на правобережной пойме были затопленные кладбище и жилая застройка пластом до 1,7 м с нанесением значительных повреждений зданиям и кладбищу. На протяжении 2001... 2002 гг. по проекту института ОАО «Укрводпроект» осуществлялось строительство защитной дамбы, которая принята в эксплуатацию в октябре 2002 года. Защитная дамба примыкает к высоким отметкам автодороги Мукачево-Рогатин. На время проведения выискиваний правобережная пойма защищена от затопления;
- от ПП-37 к ПП-32 (участок «Стадион») на протяжении 2001... 2002 гг. по проекту института ОАО «Укрводпроект» осуществлялось строительство левобережной защитной дамбы, которая принята в эксплуатацию в ноябре 2002 г.

- от ПП-32 к ПП-28 левобережная пойма на длине 361 м защищена от затопления защитной дамбой.
- от ПП-39 к ПП-35 вогнутым есть левый берег. Кроме того, от ПП-36 к ПП-34 (в районе стадиона), существовало резкое сужение русла г. Тисы (ширина русла уменьшалась от 90 м до 50 м). При прохождении
- паводка 1998 г. имели место сильные эрозионные процессы – боковая эрозия с размывом берега до 15 м, которая сопровождалась местным размывом дна возле левого берега на глубину до 3 г. На протяжении 1999...2000 лет в этом месте велось строительство крепления берега габионовыми ящиками. При прохождении паводка, вследствие сильного размыва дна (до 4,3 м), состоялось частичное разрушение участка незавершенного строительства, в том числе, и дальнейший размыв левого берега до 5 м. На протяжении 2001...2002 лет от ПП-38 к ПП-32 выполненное строительство левобережной защитной дамбы с креплением откоса и подошвы габионами. Трасса дамбы запроектирована с учетом размыва берега и ширина русла в районе стадиона увеличена от 5 до 25 м;
- от ПП-35 к ПП-33 правый берег есть вогнутым. Паводком 1998 года он был размыт на длине до 350 г. При этом были повреждены жилые дома по ул. Киевской и отрезок автодороги Мукачево-Рогатин. На протяжении 1999...2000 лет на правом берегу, который одновременно является кромкой автодороги, отстроено железобетонную подпорную стенку с основой на вставных сваях. Паводок 2001 года вызвал сильный размыв дна возле построенной подпорной стенки (до 1,8 м), что, в свою очередь, привело к звалю течения к правому берегу и размыву дна в створе ПП-33...ПП-32 на правой части русла до 1,8 м;
- от ПП-32 к ПП-29 левый берег есть вогнутым. Паводок 1998 года инициировал, а паводок 2001 года значительно усилил активные эрозионные процессы. Состоялся размыв левого берега до 25 м с разрушением зданий, при этом донный размыв достигал 3,5 м, практически все меженные расходы шли вдоль левого берега, а вдоль правого берега наблюдалось отложение наносов. В 2001...2002 годах на длине 361 м выполнено строительство защитной дамбы. Дамба имеет продольное крепление, которое усилено

поперечным креплением из 6-ти полузапруд. Вдоль правого берега и в центральной части русла выполненный прокоп. Полузапруды содействуют отложению наносов вдоль левого берега и направляют поток в центральную часть русла. В перспективе должна состояться донная эрозия центральной части русла (на данном этапе дно понизилось за счет прокопа) и отложение наносов возле левого берега между пол запрудами;

- от ПП-29 к ПП-27 имеет место сужения русла до 35 м (левый берег приближается к правому), кроме того, в створе ПП-27 расположенный водосбор картонной фабрики. Для обеспечения подачи воды в 60-х годах построенная продольная водосборная плотина, которая делит русло на две половины: канал под водой к водосбору с фиксацией дна плотиной и основная часть. Через значительное уменьшение живого сечения, образование водосборного колодца вследствие перелива воды через плотину в правую часть русла, скорость течения достигает 7 м/с, наблюдается донная эрозия (возле 1 м в сравнении с 1984 годом), которая постепенно продвигается вверх по течению. Развитие донной эрозии ограниченный выходом на поверхность в районе ПП-28 скальных грунтов. Паводком 1998 года против водосбора картонной фабрики была размыта на длине 120 м дорога Мукачево-Рогатин. При восстановлении дороги на ее кромке строится подпорная стенка.

В районе ПП-18 на длине 30 м полностью разрушенная левобережная подпорная стенка. При прохождении паводка 2001 года в этом месте на длине возле 40 м был размыт левый берег (до 30 м). После прохождения паводка котлован засыпан гравийно-галечным грунтом. В створе автодорожного моста центральной части г. Рахова с 1978 года дно понизилось на 1,04 м. Большой местный размыв (до 3,5 м) наблюдался возле левой промежуточной опоры при прохождении паводка 2001 года. Существующие подпорные стенки имеют недостаточную глубину закладки фундаментом, и понижение дна угрожает их стойкости. Паводком 2001 года ниже ПП-13 (нижняя часть базара) на длине 25 м была разрушена левобережная стенка и на данное время существует угроза боковой эрозии берега [15, 16];

- от ПП-8 к ПП-7 правый берег имеет укосное габионное крепление. Крепление левого берега в районе ПП-8 разрушено и паводки 1998 и 2001 лет послужили причиной размыва дна до 2 м и берега на длине 60 м до 12 м, состоялся звал течения под углом  $80^\circ$  к левому берегу;
- от ПП-7 к ПП-6 правый берег есть вогнутым. Паводок 1998 года разрушил его крепление на длине 150 г. Начался размыв берега, что был усилен паводком 2001 года. Общий размыв берега состоялся на глубину до 15 м, это привело к разрушению админсооружений и хозяйственных зданий Раховской ПМК, которые были расположены в непосредственной близости к берегу.

На основании совершенного изучения инженерно-геологических условий исследуемой территории на участке между ПП-17 и ПП-34 видно, что современные аллювиальные отложения, представленные галечным грунтом с песчаным заполнителем и с включением валунов от 20% до 40%, на террасе местами они перекрыты суглинками с включением гальки до 30% мощностью 1,1 – 1,4 м или насыпным грунтом мощностью до 2 м. Валунно-галечный материал образован из песчаников и алевролитов разной степени окатанности. Средний диаметр веток меняется от 131 до 187 мм. Современные аллювиальные образования подстилаются отложениями руховой меры нижнего мела ( $K_{1gh}$ ), которые представлены ритмической прослойкой песчаников, алевролитов и аргиллитов, в верхней части разреза сильно выдохшихся. Мощность выдохшейся зоны в русле реки 0,4 – 0,6 м.

Долина реки на пологих участках продольного профиля расширена, склоны долины более пологие, террасированные (ПП-5, ПП-34). Здесь рядом с донной проявляется боковая эрозия, происходит разрушения берегов. Мощность аллювия увеличивается. На участках, где река пересекает горный хребет, долина сужена, увеличивается уклон профиля (ПП-17, ПП-22, ПП-26) [6]. Здесь преобладает донная эрозия, мощность рыхлых отложений имела, а часто река размывает непосредственно коренные породы. В русле преобладает крупнообломочный валунно-глыбовый материал.

На основе анализа многолетних данных всегда целесообразно проследить, как влияют русловые процессы на зависимость между уровнями и расходом воды.

Кстати, анализируя изменения зависимостей  $Q(H)$ , можно количественно оценить интенсивность русловых деформаций и стойкость речных русл. Определение характерных уровней воды через расход соответствующей вероятности превышения, как показали исследование, имеет большее преимущество относительно достоверности результатов, чем применение статистических методов к многолетним последовательностям их значений. Уровни воды есть одной из основных характеристик гидрологического режима рек. При прогнозировании стана водных объектов прогнозная продукция имеет высокую информативность, когда уровне воды подаются в сопоставлении к их многолетним значениям в те или другие сезоны года – средних, максимальных, минимальных или определенной вероятности превышения [14].

Данные гидрологического поста можно проследить по данным гидрометрических наблюдений путем анализа зависимостей между расходами и уровнями воды за многолетний период –  $Q(H)$ . Так, сравнение изменений этих зависимостей вследствие русловых деформаций за 1950-2002 гг. свидетельствует, что на некоторых горных реках Карпатского региона происходили довольно значительные размывания и намывания русла. Нередко эти процессы имеют разносторонний характер. При этом один и тот же расход воды проходят при уровнях, которые отличаются на 0,5-1,3 м (Тиса).

Приведенные ниже примеры оценивания результатов влияния русловых процессов на уровневый режим относятся ко всем рек бассейна Тисы. Изучение интенсивности русловых переформирований позволяет более достоверно определить максимальные расходы воды во время паводков, поскольку непосредственное измерение их на горных реках не всегда может быть обеспечено.

На р. Черная Тиса возле Ясини руслодеформационные процессы проявляются в том, что на участке поста происходят размывы и намывы русла. А ниже поста все время хранится тенденция к повышению дна русла. Этот процесс усиливается отложением твердого материала, который выносятся левой притокой Лазещина, что впадает в Черную Тису, которая на 20-30 м ниже поста Ясиня. Вследствие действия этих процессов за последние 40-50 лет зависимость  $Q(H)$  в 2002 г. заняла положение на 0,6-1,2 м ниже предыдущего. А в отдельные года во

время паводков наблюдалось временное возвращение русла к предыдущему стану [14].

Отмечена русловая ситуация удостоверяет о необходимости строительства более надежных берегозащитных креплений (сооружений). Многолетние полевые наблюдения показали, что крепление напорного откоса дамб обвалования недостаточно надежные и по качеству выполнения находятся на крайне низком технологическом уровне (габионные крепления построены с использованием сетки “рабица”, что легко разрушается при локальных прорывах). Во многих местах полностью или частично разрушенные полузагаты, которые были построены под острым углом против течения. Прорывы дамб обвалования возникли преимущественно в результате размыва подножия на криволинейных участках русла (особенно в местах свала потока). Причиной прорывов некоторых дамб обвалования есть влияние подпоров в результате перелива через гребень, размыва струмененаправляющих сооружений и т.п. Слабыми местами подпорных стенок оказались их основания и места примыкания к берегам (отсутствие подстилок, диафрагм, краевых открьлков). Значительного вреда подпорным стенкам нанесли боковые горные ручейки, которые во время формирования паводков несут большое количество продуктов водной эрозии. Относительно надежно сработало лишь ограниченное число объектов (сооружений). Подбивая итоги можно сделать предыдущие общие рекомендации относительно формирования по длине горных рек благоприятного режима стока воды и наносов в зависимости от типа руслового процесса (типа русла).

Главнейшими современными экзогенными процессами есть: эрозо-аккумулятивная деятельность рек, плоскостной смыв, яровая эрозия, селевые, сдвижные, обвально-осыпные процессы. Эрозо-аккумулятивная деятельность рек определяется особенностями климата, геологического строения, рельефа, новейших тектонических движений и растительного покрова. Поперечные долины р. Тисы, Черной Тисы часто становятся узкими, падениями русел и скорость течения возрастает, дно долины завалено глыбами песчанников. Наблюдается также интенсивный боковой размыв нижних террас. Плоскостной смыв. Смывные склоны приурочены к песчано-глинистым отложениям мелового флища, имеют крутизну  $30^0-40^0$ , покрытые маломощными щебенистыми грунтами,

местами полностью смытыми. На таких склонах распространенные щебенистые осыпи и эрозионные колдобины, по которым обломочный материал износится вниз. Это усиливает селенебезопасность горных потоков.

Селевые явления обусловлены такими естественными факторами: резкая расчлененность бассейнов горных год, значительное падение русел, наличие крутых склонов, слабое денудационной стойкости флицевых толщ, значительная мощность рыхлого материала на склонах, распространение безлесных площадей, большой поверхностный сток. Селебезопасность в Свидовецкой горной группе, кроме того, усиливается преимуществом в Полонинской и Приполонинской зоне водосборов с крутыми склонами плоскостного стока. Ниже потоки пересекают обвально-осипные склоны. Количество обломочного материала возрастает за счет плоскостного смыва, усиленного лесными вырубками.

Обвально-осыпные процессы распространены в Свидовецко-Черногорской зоне и приурочены к крутым склонам ( $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ ), где восстанавливаются палеогеновые и меловые песчаники. Распространение реликтовых каменных россыпей и осыпей особенно усиливает обвально-осыпные процессы в местах лесовырубок. На таких склонах восстановления лесного покрова становится невозможным. В долинах Свидовецкой горной группы осыпные процессы являются причиной возникновения селей. Глубина залегания коренных пород определялась на четырех поперечниках и на участке водосбора.

При проектировании гидротехнических сооружений необходимо избегать мер, которые меняют гидрологический режим реки – при увеличении скорости течения увеличивается интенсивность донной эрозии. Поэтому нельзя снижать местный базис эрозии, суживать и выпрямлять русло, необходимая расчистка русла в случаях возникновения завалов русла реки обвалами, осыпями, сдвигами, селевыносами. Необходимо также учитывать, что современные тектонические движения приводят к поднятию территории и, как следствие, к усилению эрозионной деятельности.

## РАЗДЕЛ 2

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНА Р. ТИСЫ

#### 2.1. Климатические условия

Река Тиса есть самой большой левобережной притокой реки Дунай. Ее длина составляет 967 км, площадь бассейна – 157000 км<sup>2</sup>. Протекая по территории пяти государств – Украины, Румынии, Чехии, Венгрии и Югославии, река Тиса ведет начало на территории Украины на склонах Карпат в виде двух отдельных рек – Черной и Белой Тисы. После их слияния река получает название Тисы. За исток р. Тисы принят исток Черной Тисы, которая имеет большую площадь водосбора и длину к слиянию с Белой Тисой.

Бассейн р. Тисы на территории Украины размещен на южных отрогах Восточных Карпатских гор и, частично в северо-восточной части Большой Средне-Дунайской низменности, которая называется Закарпатской или Притисенской.

Территория бассейна представляет собой полосу длиной до 200 км и шириной 60-90 км. На западе бассейн Тисы граничит с Чехией, на северо-запад - с Польшей, на юго-запад - с Венгрией, на юге - с Румынией.

Площадь бассейна г. Тисы на территории Украины составляет 12760 км<sup>2</sup>, ее длина от истока (Черной Тисы) к границе Украина-Венгрия (устье р. Батар) насчитывает 220,4 км. Ниже р. Батар и к выходу на венгерскую территорию р. Тиса является пограничным участком (длина участки - 25,1 км).

От с. Саловка (643,4 км к устью Тисы) и ниже г. Захонь (626,5 км) р. Тиса на участке длиной 16,9 км протекает на украинско-венгерском пограничном участке.

От с. Деловое (888,3 км) и ниже г. Тячев (823,3 км) на протяжении 65,0 км проходит государственную границу Украина-Румыния. Таким образом р. Тиса на участке длиной 155,4 км протекает на территории Украины, а на трех участках (107 км) является пограничной рекой с Румынией и Венгрией.



Верхняя часть водосборной площади приходится на территорию Румынии, Украины и Чехию, а нижняя, равнинная часть бассейна, – на территории Венгрии и Югославии.

Распределение водосборной площади бассейна г. Тисы по странам [1-4] приведено ниже в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Распределение водосборной площади бассейна г. Тисы по странам

Страна	Водосборная площадь, тис.км <sup>2</sup>	Частица от общей площади водосборного бассейна, %
Венгрия	46,2	29,6
Румыния	72,0	46,0
Украина	12,8	8,1
Чехия	15,5	9,9
Югославия	10,0	6,4
Вместе	156,5	100

Бассейн р. Тисы в пределах Закарпатской области Украины характеризуется умеренно-континентальным климатом. В формировании климата большую роль играют Карпаты, которые занимают юго-западную часть Украины, где создается свой горный климат, что отмечается ярко выраженной вертикальной зональностью.

С увеличением высоты гор снижается температура воздуха, возрастает влажность и увеличивается количество осадков. В горах чаще выпадает снег, чем в предгорьях и на равнине, большим есть период залегания снегового покрова. Наличие большого количества долин и оврагов влияет на поступление солнечной радиации, предопределяет неравномерное прогревание земной поверхности, меняет направление и скорость ветра.

Карпатские горы влияют на климат окружающей территории. Они являются естественной преградой, которая защищает Закарпатье от вторжения холодных арктических масс воздуха из северо-востока и востока. В связи с этим в

бассейне р. Тисы наблюдаются более мягкие и теплые зимы, умеренно теплое лето и осень.

Термический режим на территории, что рассматривается, зависит от радиационных факторов и свойств воздушных потоков, которые поступают на поверхность бассейна, весомую роль играет подстилающая поверхность, растительный и снеговой покров.

Температура воздуха снижается по мере увеличения высоты над уровнем моря. Вертикальные градиенты среднемесячной температуры (в градусах на 100 м высоты) в среднем в январе  $0,46^{\circ}$ , в июле  $0,70^{\circ}$ , а годовой градиент равняется  $0,60^{\circ}$ . Изменение температуры в горах зависит от формы рельефа, крутизны склонов и их экспозиции.

Для характеристики климат использованы данные 19 гидрометеорологических станций и постов, размещенных на всей территории бассейна на высотах от 108 до 1140 м над уровнем моря.

В работе использовано климатические характеристики, опубликованные в справочнике по климату (выпуск 10, ч. II-IV, вид. 1967-1969 гг.), дополнены наблюдениями следующих лет.

Среднегодовая температура воздуха меняется от 3 до  $9,90^{\circ}$  тепла. Как отмечалось выше, с увеличением высоты местности происходит снижение температуры воздуха. На равнинной части области, при высотах до 300 м над уровнем моря, среднегодовые температуры меняются от  $9,9^{\circ}$  до  $8,2^{\circ}$  тепла. В предгорьях на высоте от 300 до 500 м они равняются  $8,0 - 6,6^{\circ}$  тепла и в горах на высоте 500-700 и 700-900 м соответственно меняются в пределах от  $6,3 - 5,5^{\circ}$  до  $5,4 - 4,4^{\circ}$  тепла. На станции Турбат, размещенной на высоте 1140 м над уровнем моря, среднегодовая температура снижается до  $3^{\circ}$  тепла.

Наиболее холодным месяцем года является январь, среднегодовая температура которого меняется от  $3,0$  до  $7,8^{\circ}$  мороза: в Ужгороде –  $3,1^{\circ}$ , Хусте –  $4,6^{\circ}$ , Ясинях –  $5,9^{\circ}$ , Турбате –  $7,8^{\circ}$ . Наиболее теплый месяц – июль, средняя его температура в Ужгороде –  $20,5^{\circ}$ , в Хусте –  $20,1^{\circ}$ , в Рахове –  $18^{\circ}$ , в Турбате –  $13,8^{\circ}$  тепла.

Абсолютный минимум температуры воздуха наблюдается обычно в феврале и на равнине достигает 32-33 ° мороза, а в горной части Карпат превышает 36 ° мороза.

Максимальные температуры наблюдаются в июле и августе и на равнинной части бассейна достигают 40-41 °, а в горных районах 36-37 ° тепла.

Годовая амплитуда температуры меняется в пределах 72-73 °.

За начало весны обычно принимается дата наступления стойкой среднесуточной температуры 0 °C. При переходе температуры через 0 °C наступает общее снеготаяние, разморозание поверхностного пласта грунта, а также выпадение осадков преимущественно в виде дождя.

Наступление весны в бассейне Тисы наблюдается прежде всего на западе в конце февраля (в Ужгороде 21 февраля), а в ряде пунктов на равнине - в конце февраля – начала марта. С повышением местности над уровнем моря и продвижением на восток весна наступает позднее на 10-40 дней. Наиболее позднее наступление весны наблюдалось в горах – 3 апреля на станции Турбат.

Переход среднесуточных температур через 0° осенью в горной части бассейна наступает в первой декаде ноября, а на равнине – во второй декаде декабря.

Теплая пора года длится около 300 дней на равнинной части (в Ужгороде 295 дней) и в горной - 210-220 дней.

Вегетационный период, с температурами свыше 5° тепла на территории, что рассматривается, длится в пределах от 236 дней в Ужгороде до 166 в Турбате, то есть из конца марта к ноябрю на равнине, а в горной части заканчивается во второй декаде октября.

Период интенсивной вегетации (с температурами выше 10°) на равнине начинается в середине апреля (12 апреля в Берег) и в горной части в конце мая, а заканчивается, соответственно, 20 октября на равнине и в горной части – 15 сентября. Продолжительность этого периода - от 190 дней на равнине и до 100 дней в горах.

Среднесуточные температуры выше 15° тепла в горах на высоте свыше 750 м не наблюдаются, а температуры 20° и выше наблюдаются только на равнинной части бассейна (Чоп, Ужгород, Хуст) на протяжении 28-34 дней.

Заморозки даже на равнинной части бассейна до 5-8° возможные в апреле и октябре, а до 1-2° - в мае-июни и сентября.

Зимой после морозов в Закарпатской области довольно часто наступают оттепели, при которых плюсовые температуры наблюдались в декабре 12-17°, в январе 10-12° и феврале 12-17°. В марте максимум температуры достигает 20-25° тепла [1-4].

Среднее многолетнее количество осадков за год в верховьях Тисы, Тересве, Теремле и Реке, составляет 1200-1400 мм, самая большая – в верховьях Тересвы, Теремли и Реки, а в бассейнах Черной и Белой Тисы - 1100-1200 мм. В средней части правых притоков норма осадков составляет 1100-1300 мм, а в верховьях Латорицы и Уже - 1000-1100 мм. В предгорьях количество осадков снижаются до 800-1000 мм, а на равнине до 530-700 мм. В Ужгороде, например, норма осадков достигает 752 мм, в Чопе и Берегу, соответственно, - 647 и 642 мм.

В районе Украинских Карпат почти ежегодно выпадают сильные осадки, их количество превышает 100 мм через сутки. В условиях горной местности такие дожди сопровождаются быстрым формированием катастрофических речных паводков, селей и наводнений. Эти явления наносят огромный ущерб хозяйству, тому анализ и прогноз метеорологических условий, которые ведут к выпадению сильных дождей в этом районе, имеют большое практическое значение.

Формирование паводков происходит в процессе взаимодействия ряда факторов, основными из которых есть гидрометеорологические условия и характер подстилающейся поверхности водосборов. К гидрометеорологическим характеристикам формирования паводков относятся: количество осадков, их интенсивность и продолжительность, частота выпадения, площадь орошения и др. Рельеф местности, грунтовой и растительный покров и другие факторы определяют потери стока и их динамику во времени и пространстве.

Значительная повторяемость сильных дождей на протяжении года и особенно их ливневый характер в теплый период, резкие потепления в холодный период (при наличии снегового покрова), что сопровождаются выпадением интенсивных редких осадков при благоприятных для стока орографических условиях (крутые склоны речных долин, большие склоны русел рек) – все эти

факторы являются основными условиями формирования высокого паводкового стока в Украинских Карпатах.

Положение Карпат относительно центров действия атмосферы и условия циркуляции вызывают выпадение интенсивных осадков, которые формируют паводки на реках на протяжении всего года. Наиболее существенное влияние на гидрометеорологический режим рек имеет неравномерное распределение осадков, которое зависит от высокого положения местности, при этом общий фон их распределения испытывает значительные изменения под влиянием экспозиции отдельных хребтов и склонов. Превосходящие ветра западного и северо-западного направлений в теплый период года содействуют развитию интенсивнойливневой деятельности над Прикарпатьем и северо-восточными склонами Украинских Карпат.

Таким образом, в Украинских Карпатах формирование сильных осадков, которые вызывают катастрофические паводки на реках, происходит под влиянием таких причин: динамического воздействия склонов гор, конвекции и общих фронтально-циклонических факторов. При формировании сильных осадков происходит преимущество того или другого фактора или совместное действие всех трех.

Особенности горной системы и частые катастрофические паводки на реках Украинских Карпат требуют довольно детального анализа распределения сильных осадков, особенно по сезонам.

В январе и феврале среднемесячные суммы осадков являются наименьшими на протяжении года: в январе выпадает 42-98 мм и феврале 47-97 мм.

Самое большое среднее количество осадков выпадает в июле и на равнине она равняется 70-100 мм, а в горной части водосборов 120-155 мм.

Зимой процессы осадкообразования связаны, в основном, с влиянием адъективного фактора и орографическим обострением атмосферных фронтов.

Районы самого большого выпадения осадков связаны с горными вершинами и хребтами. Самое большое количество осадков отмечается вдоль всего Водораздельного хребта [1-4] (табл.2.2).

Таблица 2.2.

## Количество осадков (мм) по сезонам

Пункт	Склон	Зима	Весна	Лето	Осень
Предгорный пояс					
Черноголовая	Юго-западный	212	203	321	232
Большой Березный	Юго-западный	181	173	273	197
Нижнегорный лесной пояс					
Нижний Студеный	Юго-западный	189	215	368	231
Ясиня	Юго-восточный	142	198	352	207
Верхнегорный лесной пояс					
Пожежевская	Северо-восточный	325	368	448	301
Плай	Юго-западный	301	317	557	457

Весной циркуляция воздушных масс, в основном, определяется влиянием азорского максимума.

Летом отмечается максимум годового количества осадков (60-80%). Выпадение сильных осадков в этот сезон вызвано прохождением фронтов из северо-запада, а также юго-западных циклонов, которые под влиянием орографии формируются и приводят к волновым усилениям осадков. В то же время интенсивно развивается местная конвекция, которая усиливается горно-долинной циркуляцией. Максимум осадков в этот сезон выпадает в центральной части гор, на вершинах горных систем - Черногора, Горгана, на горных долинах рек Равная, Боржава, Красная, в районе Свидовецкого хребта, в верховьях рек Черной и Белой Тисы, Тересвы, Тербли, Реки.

Осенью максимум осадков (300 мм и больше) выпадает на юго-западных склонах гор и связаны с выходом южных циклонов (Плай, Пожежевская, горная долина Красная, Свидовец).

Осадки, когда через сутки выпадает (30 мм, принадлежат к опасным метеорологическим явлениям. Их повторяемость в Украинских Карпатах самая большая по Украине. В табл. 2.3 приведены отношения средней продолжительности периодов с осадками к средней продолжительности периодов без осадков.

Таблица 2.3.

Отношение средней продолжительности периодов с осадками к средней продолжительности периодов без осадков

Станция	I	II	III	IV
Берегово	1,5	1,6	0,9	0,9
Русская Мокрая	2,2	1,9	1,6	1,2
Устьев-черная	1,9	1,8	1,6	1,3
Ясиня	1,4	1,4	1,1	1,1
Пожежевская	2,7	2,6	2,3	1,6

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,9	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5	1,0	1,7
1,6	1,5	1,0	1,1	1,1	1,1	1,5	1,7
1,4	1,8	1,1	1,0	1,1	0,9	1,8	1,3
1,8	1,4	1,2	1,2	0,7	0,5	1,1	1,2
2,6	2,5	1,8	1,5	1,7	1,0	1,9	4,0

Почти во все месяцы года и в целом за год продолжительность периодов с осадками превышает продолжительность без осадков, особенно в высокогорных районах (Пожежевская).

По характеру выпадения сильные дожди можно разделить на интенсивные, ливневого характера, интенсивные продолжительные (с ливневыми участками), малоинтенсивные продолжительные (осадные) дожди. Наиболее распространенными есть ливневые дожди, продолжительность которых 1-1,5 времени. Площадь выпадения таких дождей достигает десятков тысяч квадратных километров.

Наиболее интенсивными, с гидрологической точки зрения, есть дожди, которые вызывают прохождение значительных паводков на реках Украинских Карпат; эти дожди, как правило, превышают 100 мм/час.

В Украинских Карпатах довольно часто отмечаются осадки с суточным количеством больше 70 и даже 100 мм, которые приносят значительный вред хозяйству.

Так, катастрофически сильные осадки наблюдались в мае 1970 г., при этом они распространились на площади близко 50 тыс. м<sup>2</sup>. На протяжении 48 часов выпало 100-150 мм. В ряде мест (Хуст, Деловое) за несколько суток выпали осадки, которые в 2-3 раза превышали месячную норму.

В табл.2.4 приведены характеристики суточных максимумов по отношению к ним месячной нормы для некоторых пунктов Украинских Карпат.

Таблица 2.4

Характеристики отдельных суточных максимумов  $H_q$  и их отношение к месячным нормам  $\bar{H}_{мм}$

Пункт	$H_q$ , мм	$\bar{H}_{мм}$	$H_q / \bar{H}_{мм}$ , %
Рахов	133	88	151
Деловое	134	93	144
Хуст	131	77	170

Заслуживает внимания анализ метеорологических условий выпадения сильных осадков в октябре-ноябре 1998 г. Количество осадков за октябрь в горной зоне составляла 170-250 мм, что в 1, 5-2 раза превысило норму. Синоптическая ситуация была следующая: 29-30 октября территория Закарпатья находилась в теплом секторе глубокого малоподвижного циклона, центр которого находился над Ботническим заливом и в зоне влияния холодного фронта с волнами. В это время выпадали дожди, увеличению интенсивности которых содействовало натекание теплой влажной воздушной массы на горные массивы [1-4].

Вторая волна очень сильных дождей прошла 3-5 ноября при перемещении через Закарпатья теплого фронта и фронта окклюзии. Их усиление было связано с прохождением полярного холодного фронта. Далее состоялась активизация высокой фронтальной зоны над Альпами и некоторое увеличение южной



составляющей переноса воздушных масс, которое привело к уменьшению подвижности полярного фронта и образование над Украинскими Карпатами нескольких активных микроциклонов. В зоне действия активных атмосферных процессов, что вызвали выпадение сильных дождей, которые длились даже после прохождения фронта, находилась вся территория Закарпатья.

Таким образом, очень сильные дожди были преимущественно обусловлены влиянием невысоких барочных образований в виде активных волн на холодном фронте при юго-западном переносе теплых влажных воздушных масс на высотах 3-5 км.

Подобные метеорологические условия выпадения сильных осадков сложились в конце февраля и в первых числах марта 2001 г. Это обусловило продолжительные, очень сильные дожди, а количество осадков во многих пунктах превысило количество осадков паводка ноября 1998 г. [1-4] (таблица 2.5).

Таблица 2.5

Количество осадков в течение паводка 3-5 марта 2001 г. в сравнении с ноябрьским паводком 1998 г.

Станция, пост	Количество осадков, мм		Станция, пост	Количество осадков, мм	
	3- 5.03.2001	3- 5.11.1998		3- 5.03.2001	3- 5.11.1 998
Рахов	190	104	Иршава	146	-
Вел.Бычков	140	70	Подполозье	110	109
Тячев	156	66	Свалява	157	109
Хуст	147	78	Мукачево	72	84
Вил	63	40	Жорнява	63	68
Чоп	48	44	Вел.Березный	44	49
Ясиня	150	101	Заричевое	72	73
Луга	105	81	Ужгород	42	45
Кос.Поляна	141	180	Черноголовая	64	-
Устьев-Черная	255	208	Турья Поляна	76	-
Нересница	125	73	Симер	62	66

Русская Мокрая	296	277	Береговое	69	33
Колочава	201	175	Тропинка	144	132
Верх.Быстрый	128	137	Пожежевская	206	108
Межгорье	184	207	Нижние Ворота	111	91
Длинное	164	108	Нижний Студеный	89	-
Шаланки	95	42			

Данные измерений показывают, что в Украинских Карпатах, особенно в Прикарпатье, ежегодно выпадают осадки (100 мм через сутки, а осадки (70 мм через сутки бывают 3-6 раз на год, иногда по 2-3 раза в одном и потому же районе. Иногда эти дожди могут выпадать на протяжении двух дней подряд в одном и потому же месте (Руска Мокрая, декабрь 1947 г.).

Повторяемость осадков с самым большим суточным количеством по градациям и месяцам приводится [1-4] в табл.2.6.

Таблица 1.6.

Повторяемость (число случаев) значительных и катастрофически сильных осадков

Суточный максимум,мм		I	III	IV	V	VI
≥ 70			3	0	5	14
≥ 80			-	-	2	10
≥ 90			-	-	2	9
≥ 100			-	-	2	6
≥ 120			-	-	1	5
≥ 150			-	-	-	3
≥ 200			-	-	-	2
≥ 250			-	-	-	-

VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
16	10	3	2	2	5	70
9	9	2	-	2	4	44
6	7	1	-	2	2	32
4	5	1	-	1	2	22
6	4	-	1	-	1	18
-	2	-	1	-	-	6
-	1	-	-	-	-	3
-	-	-	-	-	-	-

Эта характеристика имеет хорошо выраженный годовой ход с максимальным летом, когда выпадает 57-67% сильных осадков. В эти же месяцы зафиксированы самые большие суточные максимумы осадков.

Осадки с суточным количеством 100 мм выпадают на небольшой территории, создавая центр, от которого их количество резко уменьшается. В табл. 2.7 приводятся значения максимального суточного количества осадков, что превышает 120 мм за последние 70-80 лет. На территории Украинских Карпат только за последние десятилетия трижды отмечались осадки, что превышали 200 мм через сутки [1-4].

Таблица 2.7

Максимальное суточное количество осадков (мм), что превышает 120 мм

Пункт	Осадки,мм
Рахов	133
Деловое	134
Хуст	131
Рипыно	128
Мукачево	138

Следует отметить, что сильные осадки в Украинских Карпатах отмечаются большой продолжительностью выпадения. Анализ выпадения сильных осадков, которые сопровождалось стихийными явлениями и значительными разрушениями, показывает, что большинство из них продолжительная 1-2, иногда 3 дня, а зафиксированные максимумы осадков за эти дни достигали 300 мм и

больше. Эти дожди распространяются на большой площади, которая усиливает их вредное влияние.

Среднее за год значение суточного максимума осадков по территории Украинских Карпат меняется от 32 до 80 мм, а его среднее квадратичное отклонение по территории составляет 10 мм. Отношение значений средних суточных максимумов за теплый период довольно стойкое по территории, не зависит от высоты и меняется от 6 до 10%.

Таким образом, на формирование сильных осадков в Украинских Карпатах, кроме загальноциркуляционных факторов, большое влияние имеют мезомасштабные процессы, связанные с орографией местности. Орографическое влияние проявляется в довольно широком диапазоне – от горного хребта к отдельным элементам рельефа – долин, вершин гор и т.п. При этом влияние крупномасштабных склоновых действий на вертикальные движения и осадки есть определяющим.

Формирование катастрофически сильных осадков в этом районе происходит под влиянием динамического действия склонов на воздушные потоки, особенно действия восточных и юго-восточных склонов. Обтекание горных склонов воздушными потоками и образование наветренного бока областей отрицательной дивергенции ветра и восходящих движений вызывает значительное орографическое усиление осадков. При сильных, направленных к хребту, ветрах в нижних пластах и ослаблениях в высоких пластах происходит орографическая интенсификация осадков.

Особенно значительное орографическое усиление осадков происходит при таких синоптических ситуациях:

- выход хорошо развитого циклона на Украину из юго-запада, когда центр его проходит через Средние и Южные Карпаты;
- перемещение циклона с севера вдоль восточных склонов Карпат (параллельно хребту) по западным областям Украины;
- перемещение холодного фронта через Карпаты из северо-запада на юго-восток.

Орографическое усиление осадков в Украинских Карпатах проявляется:

- в динамико-орографическом усилении осадных осадков;

- склоновой (динамической) интенсификации конвективных сил;
- усиление осадков непосредственно над горами в результате развития термической циркуляции горно-долинного типа и вертикальных движений среднего масштаба;
- в термическом влиянии гор на развитие мелкомасштабной конвекции.

Решающую роль в формировании сильных осадков играют динамично-орографические факторы, действие которых значительно превышает влияние термических факторов. Снеговой покров в горах появляется в середине ноября и сходит в первой декаде апреля. Стойкий снеговой покров устанавливается в горах во второй декаде декабря и длится к середине марта.

На равнине снеговой покров появляется на месяц позднее, чем в горах, а сходит – на месяц раньше. Количество дней со снеговым покровом меняется от 52 в Ужгороде до 110 в Нижнем Студеном.

Стойкий снеговой покров на равнине устанавливается в конце декабря – в начале января и в середине февраля разрушается, причем близко половины общего количества зим не имеют стойкого снегового покрова. Частые оттепели (дни с плюсовыми максимальными температурами). В Ужгороде в декабре-феврале наблюдается 60 дней с оттепелью. Даже в горах за этот же период наблюдается 45 дней с оттепелью (Нижний Студеный).

Высота снегового покрова, незначительная на равнине, с подъемом у горы увеличивается. Самая большая высота снегового покрова наблюдается в феврале. Средняя высота снегового покрова в феврале меняется от 8 см в Чопе до 36 см в Русской Мокрой.

Самая большая наблюденная высота снегового покрова меняется от 35 см в Чопе до 106 см в Русской Мокрой.

В горах (хребет Свидовец, Раховский массив, массив Черногора) есть лавиноопасные участки. Лавины бывают разные, от небольших снеговых сдвигов к катастрофическим снеговым обвалам, которые наносят большой ущерб хозяйству.

На направление и скорость ветра имеет значительное влияние рельеф местности, который отмечается в Закарпатье большим разнообразием. В горной части наблюдаются горнороздольные ветра, иногда фены. Фены, которые

приходят из северо-востока, характеризуются высокой температурой, сниженной относительной влажностью и большими скоростями (15-20 м/с).

Превосходящее направление ветра на разных станциях есть разным и не совпадает с направлением ветра, который властвует над данной территорией. На северы района, вдоль главного водораздельного хребта, преобладает северное направление ветра, в юго-западной части – юго-восточный, в Хусте – восточный, в Рахове, который лежит в узкой глубокой котловине, - юго-западный. Характерным есть то, что превосходящее направление ветра хранится в течение года, он зависит, главным образом, от местонахождения станции. Средние годовые скорости ветра меняются от 1,2 до 2,4 м/с.

Повторяемость ветра разной скорости мало меняется по месяцам. Самую большую повторяемость - от 40 до 70% в течение года – имеют ветра со скоростью до 1 м/с, а в Руска Мокра - 2-3 м/с (50%).

Количество штилей меняется от 5 в Русской Мокрой до 63 дней в Рахове, что лежит в узкой глубокой долине Тисы.

Абсолютная влажность, как и температура воздуха, также уменьшается из юго-запада на северо-восток области. Самая большая абсолютная влажность наблюдается в июле, наименьшая – в январе. На протяжении времени самая большая абсолютная влажность наблюдается в теплый период года в 19 часов, а в холодный – в 13 часов дня.

Дефицит насыщенности также уменьшается из юго-запада на северо-восток, с максимумом в июле и минимумом в январе.

Годовая относительная влажность, наоборот, увеличивается из юго-запада на северо-восток, от 72% в Ужгороде до 82% в Русской Мокрой. В холодный период года относительная влажность увеличивается до 80-90%, а в апреле-мае уменьшается до 63% в Ужгороде и 77% в Русской Мокрой.

Суточный ход относительной влажности резко выражен летом. Суточная амплитуда летом 35-40%, а зимой 15-20%.

Наименьшая относительная влажность отвечает наивысшей суточной температуре, которая наблюдается в 13 часов дня. Годовая относительная влажность в 13 часов дня повсюду составляет 60-66%. Месячная относительная

влажность в 13 часов дня есть наименьшей в апреле или мае, она составляет 49-57% на большинстве станций.

Дни, когда относительная влажность 30% на протяжении любого срока наблюдений, являются сухими и насчитывают от 9 дней в Хусте до 14 дней в Рахове.

Количество дней на год с относительной влажностью 80% за наблюдениями, которые проводились в 13 часов дня, меняется от 60 дней в Рахове, до 106 дней в Нижнем Студеном.

Выпаривание из поверхности суши вычислено по графику проф. Полякова с введением коэффициента 1,10.

Выпаривание из поверхности суши меняется по территории от 511 мм в Чопе до 676 мм в Дубовом (таблица 2.8). Самое большое выпаривание из поверхности суши наблюдается в июне и июле, меньше всего – в январе и декабре.

На территории, которая рассматривается, наблюдение за выпариванием из водной поверхности осуществляется на 5 пунктах. Для измерения выпаривания из водной поверхности используется испаритель ГГИ-3000 (площадь  $0,3 \text{ м}^2$ , глубина 0,65 м). Однако полученные данные в своем большинстве являются неполными и охватывают короткий промежуток времени.

Статистическая обработка данных непосредственных наблюдений и возведения коротких рядов к многолетнему периоду графоаналитическим методом дали возможность установить, что побегалость величины выпаривание в многолетнем периоде есть небольшой и характеризуется коэффициентами вариации, которые меняются в пределах 0,12-0,15 .

Коэффициент асимметрии, как свидетельствуют расчеты, можно принять  $C_s=2CV$ , что дает целиком удовлетворительную подобность рассчитанных и прогнозированных величин выпаривания. Для оценки величин разной обеспеченности, использовались модульные коэффициенты, которые отвечают ординатам кривых обеспеченности каждого пункта наблюдения [1-4] (табл. 2.9).

Таблица 2.8.

## Выпаривание из поверхности суши, мм

Название Станции	Величина выпаривания из поверхности суши в миллиметрах по местам											Вместе за год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Рахов	13	18	54	69	76	88	99	86	54	38	20	13	628
Дубовое	14	18	58	75	79	94	103	90	59	45	26	15	676
Тячев	13	20	57	69	73	87	88	76	53	34	19	15	604
Нижний Студеный	11	13	38	48	66	79	87	76	40	25	13	12	508
Хуст	13	18	62	76	73	97	93	80	49	38	24	15	638
Берегово	18	24	54	63	63	67	70	65	41	26	15	9	515
Большой Березный	14	19	50	58	65	78	87	68	44	29	22	15	549



Таблица 2.9.

Расчетные величины выпаривания из водной поверхности  
за безледной период разной обеспеченности

Станция	Норма, мм	C <sub>v</sub>	Выпаривание из водной поверхности расчетной обеспеченности (за годовым стоком), мм		
			50%	75%	95%
Берегово	594	0,14	594	645	737
Большой Березный	419	0,12	419	450	505
Ужгород	609	0,13	609	660	745
Руска Мокрая	335	0,15	335	366	422

Схема распределения выпаривания из водной поверхности за безледной период по месяцам принималась согласно рекомендаций, приведенных в "Ресурсах поверхностных вод СССР", том 6, вып. 1 (табл. 2.10).

Данные таблицы 2.11 являются основанием для построения графиков различия выпаривания и осадков 50, 75 и 95% ( за годовым стоком) в зависимости от высоты местности, по которым составлены вспомогательные таблицы, что дают возможность определить величину расчетного выпаривания для любого расчетного створа (табл.2.12).

Таблица 2.10.

Распределение выпаривания из водной поверхности по месяцам, в средний  
и маловодный года[1-4]

Месяц	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	За Сезон
Выпаривание, %	2	10	15	16	18	17	12	7	3	100

Как видно из таблицы, максимальное выпаривание наблюдается в июне-августе, равномерно уменьшаясь к весенним и осенним месяцам.

Для оценки величины снижения уровня воды водоемов на протяжении безледного периода в водохозяйственных расчетах пользуются не величиной

пласта выпаривания за этот период, а различие пластов выпаривания и осадков, то есть так называемым расчетным выпариванием, которое исчисляются по формуле:

$$ZP = Z - H + A$$

где  $Z$  - выпаривание из водной поверхности, мм;

$H$  – количество осадков, мм;

$A$  - сток из местности, которая затопливается водохранилищем, мм.

Средняя многолетняя величина осадков, а также осадки в расчетные годы за безледяной период устанавливались путем статистической обработки фактических данных наблюдений в пунктах, на которые размещены испарители ГГИ-3000.

Распределение осадков по месяцам принимался по схеме маловодного 1961 года для всех пунктов, которые рассматривались.

Потери из поверхности суши (параметр " $A$ "), что входят в вычисленную для створов водохранилищ величину стока, есть сравнительно небольшими сравнительно с другими характеристиками, которые входят в приведенную формулу. Поэтому на данной стадии проектирования этой величиной можно пренебречь.

За величиной выпаривания из водной поверхности и осадков в годы разной обеспеченности, было вычислено расчетное выпаривание из водной поверхности [1-4] (табл. 2.11).

Таблица 2.11.

Расчетное выпаривание 50, 75 и 95% обеспеченности  
(за годовым стоком) по станциям

Станция	Высота над уровнем моря, м	Обеспеченность Р, %	Осадки, мм ( III-XI)	Выпари- вание с водной поверхности, мм	Расчетное выпаривание, мм
Берегово	112	50	522	594	72
		75	266	645	379
		95	190	737	547
Б. Березный	208	50	680	419	-261
		75	330	450	120
		95	247	505	258
		50	632	609	-23
Ужгород	121	75	254	660	406
		95	204	745	541
		50	1075	335	-740
Руска Мокрая	582	75	940	366	-574
		95	750	422	-328

Таблица 2.12.

Зависимость расчетного выпаривания 50, 75 и 95%  
обеспеченности от средней высоты местности по месяцам

Высота местности, м	Период										Всего за период
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI		
Расчетное выпаривание 50% обеспеченности, мм											
100	-37	13	40	36	50	38	36	-15	-35	126	
150	-43	-3	8	-15	10	-3	-3	-26	-56	-131	
200	-47	-13	-10	-30	-16	-10	-14	-36	-62	-238	
250	-50	-20	-17	-40	-27	-19	-23	-43	-68	-307	
300	-54	-26	-23	-48	-33	-27	-30	-48	-72	-361	
350	-56	-30	-27	-56	-37	-36	-37	-54	-75	-408	
400	-58	-34	-31	-62	-42	-47	-47	-59	-77	-457	
450	-60	-37	-35	-67	-46	-50	-47	-64	-79	-485	
500	-62	-40	-38	-73	-50	-58	-52	-68	-81	-522	

Расчетное выпаривание 75% обеспеченности, мм													
100		11	44	70	56	60	102	78	40	-38	423		
150		-8	28	39	30	15	82	58	26	-36	234		
200		-19	19	28	17	-9	70	46	19	-33	138		
250		-23	14	21	5	-16	60	38	17	-31	85		
300		-24	11	17	-5	-18	52	33	16	-30	52		
350		-25	8	14	-15	-19	45	29	15	-29	33		
400		-26	6	12	-25	-20	39	26	14	-28	-2		
450		-27	5	11	-34	-21	23	25	13	-27	-33		
500		-28	4	10	-42	-22	21	24	12	-26	-41		
Расчетное выпаривание 95% обеспеченности, мм													
100		13	61	110	80	85	120	91	49	-21	588		
150		-1	43	64	57	36	90	69	35	-20	373		
200		-10	32	48	40	22	79	55	26	-18	274		
250		-12	28	42	32	20	73	50	23	-17	239		
300		-13	26	40	24	18	67	46	22	-16	214		
350		-14	25	37	16	17	62	42	21	-15	191		
400		-15	21	34	11	16	57	39	21	-14	171		
450		-16	20	33	3	15	52	36	21	-11	153		

В бассейне р. Тисы основными притоками реки есть правые притоки первого порядка: Косовская, Шопурка, Тересва, Апшица, Теребля, Река и Боржава, что протекают на территории Украины и только левые притоки Вишеу, Иза и Сепинца находятся на территории Румынских Карпат.

В данной работе р. Тиса и ее притоки рассматриваются к устью Боржавы включительно, а также реки Уж и Латорица, что соответственно впадают в р. Лаборец и р. Бодрог на территории Чехии.

Основные черты рельефа бассейна г. Тисы обусловлены горообразованием и процессами эрозии и денудации. На территории Украины выделяются два типа рельефа:

- а) горный рельеф Восточных Карпат;
- б) равнинный рельеф Закарпатской низменности.

Полоса предгорья, которая составлена из нескольких террас, отделяет южные склоны Карпат от Закарпатской низменности.

Восточные Карпаты протягиваются от г. Поград в Чехии к перевалу Прядел в Румынии. На территории Украины они называются Украинскими или Лесистыми, а на территории Румынии – Семиградскими Карпатами.

В Украинских Карпатах находится три группы хребтов, разделенных между собой продольными понижениями. Основной центральной группой является цепь Полонинских гор, на севере от них – Горгани, на юге – Вигорлат Гутинский (вулканический) хребет. На крайнем юго-восток обособленно находятся Гуцульские Альпы.

Полонинский хребет протягивается к восточной границе Закарпатской области, его длина 180 км. Абсолютная высота увеличивается из северо-запада на юго-восток от 1400 м на горной долине Равная до 2000 м в Черных горах, где находится и самая высокая гора в Закарпатской области – Говерла, 2061 м над уровнем моря. Для Полонинских гор характерные широкие, плоские вершины, которые называются горными долинами; к ним принадлежат горные долины Ровная, Боржава, Свиловец и прочие.

Горгани делятся р. Мокранка, притокой р. Тересвы, на Западе и Востоке. В Западных Горганах находятся такие горные массивы: Пихт (1425 м), Канч (1533),

Стримба (1723 м) и прочие. Массивы порезаны верховьями рек: Теребле, Реки, Мокранки. Массивы Восточных Горган выше западных: Боштул (1698 м), Сивуля (1815м).

В системе Вигорлат-Гутинского хребта находится несколько горных групп, размещенных в один ряд. На северо-запад от реки Тисы находятся Вигорлатские горы, средняя высота которых 800-1000 г. Наиболее высокими есть вершины Попрачный Верх (1020 м) и Большой Дол (1086 м).

На юг от г. Тисы протягиваются Гутинские горы, высота которых 700-800 м.

Южные склоны Вигорлат-Гутинских гор обрамленные полосой предгорья шириной 30-40 км. Долинами приток Латорицы и Боржавы предгорья, расчлененные на отдельные увалы с широкими плоскими вершинами.

Полонинские горы, отделенные от Горган Центрально-Карпатским понижением, а от Вигорлат-Гутинских гор они отделены Внутренне-Карпатским понижением.

Центрально-Карпатское понижение протягивается из юго-востока на северо-запад. Это понижения по всей длине к Ясинской котловины (пгт. Ясиня) представляет собой полосу низких гор высотой 700-800 м. Ясинская котловина – это изолированный участок внутри Карпатских гор, окруженный лесистыми хребтами.

Внутренне-карпатское понижение делится на три котловины: Перечинское, Свалявское и Хустское.

Закарпатская низменность, которая занимает до 35% площади области, представляет собой равнину с отдельными гривами и горбами. В районе города Берегово на равнине находятся горы, образованные вулканическими породами. В геологическом отношении низменность есть межгорной впадиной, наполненной осадковыми отложениями.

Местность бассейна р. Тисы в основном горная с высотами 400-2000 м и в предгорьях 120-400 м над уровнем моря. Склоны гор и предгорье порезаны глубокими и узкими долинами рек. Реки ведут свое начало в горах, большей своей частью протекают в долинах и только устьевые участки их выходят на равнину. Глубины долин рек в горной части составляют 600-800 м и в предгорьях

150-250 м. Наклоны рек большие: малые реки длиной до 10-20 км имеют падение 50-70 м/км, а в верховьях свыше 100 м/км и в предгорьях до 5-15 м/км. Ниже приведены среднее падение и склоны в отдельных створах г. Тисы [1-4].

Таблица 2.13.

Среднее падение и склоны р. Тисы в створах водпостов

Река-Створ	Длина от истока, км	Отметки, м		Падение, м	Склон, %
		исток	створ		
Черная Тиса – Ясиня	24,9	1665	643	1022	41,0
Черная Тиса – Билын	47,3	1665	494	1171	24,8
Тиса – Рахов	57,2	1665	430	1235	21,6
Тиса - Деловое	76,0	1665	347	1318	17,3
Тиса – Большой Бычков	95,0	1665	297	1368	14,4
Тиса – Тячев	139,1	1665	209	1456	10,5
Тиса – Вил	219,5	1665	115	1550	7,1

В таблице 2.14 приведенные гидрографические характеристики основных рек бассейна р. Тисы.

Таблица 2.14.

Гидрографические характеристики основных рек бассейна р. Тисы

Название реки	Куда впадает	Расстояние от устья основной реки, км	Длина реки, км		Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	
			полная	в пределах Украины	полная	в пределах Украины
Тиса (вместе с Черной Тисой)	Дунай	1218	967	252	157000	12760
Черная Тиса	Тиса	913,5	53,3	53,3	563	563
Белая Тиса	"	913,5	35,4	35,4	485	485



Вишеу	"	886,1	79,1	0	1580	0
Косовская	Тиса	876,6	43,1	43,1	157	157
Шопурка	"	871,9	41,4	41,4	286	286
Иза	"	856,5	80,0	0	1300	0
Сепинца	"	838,5	18,0	0	149	0
Тересва	"	835,4	90,8	90,8	1220	1220
Теребля	"	818,1	97,0	97,0	755	755
Река	"	793,0	94,1	94,1	1145	1145
Боржава	"	729,3	111,5	111,5	1450	1450
Латорица	Бодрог	90	203	156	7860	4418
Уж	Лаборец- латорица	-	133	112,8	2750	1582

Река Тиса ведет начало в юго-восточной части Карпат, образовываясь слиянием двух рек Черной и Белой Тисы, за исток Тисы принят исток Черной Тисы, которая имеет большую площадь водосбора и длину к слиянию с Белой Тисой. После слияния этих рек выше г. Рахова, Тиса протекает в узкой горной долине в южном направлении. Ниже с. Деловое на границе с Румынией, после впадения из левого берега р. Вишеу, река протекает в узком ущелье в северо-западном направлении к пгт. Большой Бичков.

После слияния Черной и Белой Тисы площадь водосбора составляет 1048 км<sup>2</sup>, а у Большого Бычкова (ниже устья р. Шопурка) – 3330 км<sup>2</sup>. Длина участки – 41,7 км. На этом участке в р. Тису впадают три притоки: Вишеу, Косовская и Шопурка, самая большая из них левая - р. Вишеу с площадью водосбора 1580 км<sup>2</sup> (весь водосбор в пределах Румынии).

Река Тиса на этом участке протекает в узкой и глубокой долине. Пойма р. Тисы прослеживает только близ устья р. Вишеу, где она расширяется до 400-500 г. Поверхность поймы равная, занятая огородами. На участке Тисы, которая рассматривается, у подножия правого склона долины часто встречаются выходы грунтовых вод.

Русло реки извилистое, на реке встречаются острова длиной до 400 м и шириной от 10 до 40 г. Наиболее значимые острова выше устья р. Вишеу возле с. Луга.

Река типичного горного характера. На отдельных участках есть пороги. Средняя длина порожистых участков 50-150 г. Общее падение на 41,7 км составляет 149 м или 3,3 м/км.

Превосходящая ширина реки 30-40 м, самая большая до 100 м. Глубина на перекатах в границу 0,5-0,8 м, на плесах 3,5-5,0 м. На участке между впадением правых притоков, Косовской и Шопурки, она увеличивается до 15-20 г.

Берега крутые, высотой 4-6 м. Ниже устья р. Большой Берлебаш высота их 6-10 м, а ниже устья р. Вишеу от 8 до 20 м.

Второй участок от пгт. Большой Бычков к поселку Вилки имеет протяженность 124,5 км, а водосборная площадь в конце участки достигает 9430 км<sup>2</sup>. На этом участке в р. Тису впадают 7 притоков: две из левого берега - реки Иза и Сепинца и пять с правой стороны – рр. Апшица, Тересва, Тячева, Теребля и Река.

Р. Тиса протекает по предгорной равнине в широкой, глубоко врезанной долине; до конца участки долина не ясно выражена. Превосходящая ширина долины 3-5 км, в районе пгт. Буштина и ниже г. Виноградовое ширина ее достигает 8-9 км, а ниже г. Хуста она суживается до 1,5 км, это так называемые Хустские ворота. Левый склон долины очень крутой и сливается с цепью окружающих гор. Вдоль долины выше г. Хуст почти всюду прослеживаются две террасы: ширина первой возле 500 м, а второй от 2 до 5 км.

Пойма реки двусторонняя; выше р. Тячев ее ширина 1,5-2,0 км и на некоторых участках она уменьшается до 100 г.

Русло реки извилистое, сильно разветвленное, деформируется после каждого значительного паводка. Во многих местах река обвалована. На реке беспрерывно встречаются острова. Выше р. Тересвы на р. Тисе часто встречаются небольшие пороги. Ниже река представляет собой беспрерывное чередование плесов и перекатов. Длина перекатов 50-200 м, отдельные до 2,0 км; длина плесов от 200 до 1000 г.

В начале участки ширина реки 40-50 м, а в ее конце 70-100 м. Берега крутые, высотой в среднем 2,0-3,0 м. Выше с. Белая Церковь высота их 6-10 м.

Падение от В. Бычковая к Вилке составляет 182 м или средний склон равняется 1,4 м/км. Наклоны в районе г. Тячев при прохождении паводков равняются 2,0-2,5 м/км и возле сел. Вилко 0,8 м/км.

Скорость течения в паводок на участке В. Бычков – Тячев меняется от 3,0 до 5,0 м/с, а возле Вилка больше 2,5 м/с.

Короткое описание правых приток р. Тисы и рек Латорица и Уж приведены ниже.

Река Белая Тиса – левобережный приток р. Тисы. За исток реки принят исток ее самой большой притоки Бальзалтул, таким образом, общая длина Белой Тисы равняется 35,4 км, отметка истока у горы Поп Иван 2020 м, отметка устья – 446 м, площадь водосбора 485 км<sup>2</sup>.

Бассейн горный, сильно расчлененный долинами приток, из которых основными есть:

Таблица 2.15.

Река	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>
Бальзалтул (л)	16,8	36,6
Говерля (пр.)	12,0	69,8
Шаул (л.)	17,0	63,8
Богдан (пр)	16,0	67,3
Квасны (л.)	15,0	73,2

Лесистость верхней части водосбора достигает 80%, к водпоста Луга она равняется 77,2%, а к водпосту Ростки – 72%.

Долина извилистая, преимущественно V-образная, ширина ее в ущелье ниже с. Выдричка 30-50 м, в с. Богдан до 300 м.

Пойма узкая шириной 40-50 м, возле с. Луга до 200 м, на многих участках пойма совсем отсутствующая.

Берега реки крутые, на участке от с. Волчи к с. Ростки высотой 4-6 м, местами сливаются со склонами долины или снижаются до 1,0-1,5 г.

Наивысшие уровни на водпостах Луга и Ростки наблюдались 13.V.1970 г. и равняются соответственно 264 и 288 см над нулем графику.

Река Косовская - правый приток р. Тисы. Длина реки 43,1 км, площадь водосбора 157 км<sup>2</sup>. Высота истока 1771 м и устья – 306 м над уровнем моря.

Местность горная. Самая большая высота 1883 м (г. Близница). Лесистость водосбора 62%, в верховьях свыше 70%.

Долина слабо извилистая, V-Образная, местами в виде ущелья, с очень крутыми склонами, с шириной по дну от 4 до 320 м. У подножия склонов встречаются выходы грунтовых вод.

Пойма есть только на отдельных участках. Русло слабо извилистое, шириной 7-15 м, иногда до 30 м.

Максимальный уровень воды в Косовской Поляне наблюдался в марте 2001 г. и равнялся 295 см над нулем графика.

Река Шопурка – правый приток р. Тисы, образованная слиянием рек Малая и Средняя Шопурка. За исток реки принят исток ручья Куртыский (р. Малая Шопурка). Длина реки 41,4 км, площадь водосбора 286 км<sup>2</sup>. Высота истока 1591 м и устья 297 м над уровнем моря.

Местность горная. Средняя высота водосбора к водпосту Кобилецкая Поляна – 1000 м.

Основной приток – р. Средняя Шопурка. Длина ее 27,0 км и площадь водосбора 114 км<sup>2</sup>.

Лесистость водосбора 75%. Встречаются выходы грунтовых вод.

Самый большой уровень на водпосте Кобилецкая Поляна наблюдался 30.XII.1978 г. и равняется 469 см над нулем графика.

Река Апшица – правый приток р. Тисы. Длина реки 42,4 км, площадь водосбора 275 км<sup>2</sup>. Высота истока 1511 м и устья 237 м над уровнем моря. Местность горная. Основные притоки: р. Тушак (лев.) с площадью водосбора 40,0 км<sup>2</sup> и г. Глубокий Поток (пр.) длиной 18,9 км и площадью водосбора 75,6 км<sup>2</sup>.

Лесистость водосбора 47%; в верхней части, у устья р. Тушак достигает 70%.

Река Тересва – правый приток р. Тисы, создана слиянием рек Брустуранка и Мокранка.

За исток реки принят исток ручья Турбатский (р. Брустуранка). Длина водотока по ручью Турбатский - р. Турбат – р.Брустуранка – р. Тересва – 90,8

км. Площадь водосбора 1220 км<sup>2</sup>. Высота истока 1703 м и устья 226м над уровнем моря.

Таблица 2.16.

Основные притоки

Река	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>
Мокранка (пр.)	32,0	230
Терешова (пр.)	28,0	113
Лужанка (пр.)	34,0	148

Местность горная. Средняя высота водосбора в верхнем течении возле Лопуховая 1100 м, возле Нересницы – 930 м.

Лесистость водосбора 68%, в верхней части значительно больше – от 78% в бассейне Мокранки до 83% в бассейне Бертянки.

Долина реки извилистая, выше с. Дубовое V-образная, с шириной по дну 30-40 м, местами до 400 м. Ниже с. Дубовое долина корытообразная, шириной 0,5-1,0 км, возле с. Терновое – 2.0 км.

Пойма двусторонняя, выше с. Дубовое шириной 50-200 м, возле с. Красное до 400 м, ниже р. Тересва сливается с поймой Тисы.

Глубина в границу 0,2-0,6 м, скорость течения до 4,5 м/с. Часто встречаются порожистые участки. Ширина реки 20-40 м, самая большая 90 р. Берега крутые, на отдельных участках сливаются со склонами долины. У подножия склонов встречаются выходы грунтовых вод.

Самый большой уровень на водпоста Устьев-Черная наблюдался 30.XII.1947 г. и равнялся 444 см над нулем графика. В Нереснице самый большой уровень 349 см над нулем графику, наблюдался I.IV.1962 г.

Река Теребля – правый приток р. Тисы. Длина реки 97,0 км, площадь водосбора 755 км<sup>2</sup>. Исток реки возле р. Круглая Балка. Высота истока 1242 м и устья 194 м над уровнем моря.

Таблица 2.17.

## Основные притоки

Река	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>
Озерянка (л.)	18,0	114
Сухарь (л.)	14,0	69,0
Уголька (л.)	27,0	152

Верхняя и средняя части бассейна размещены в горах с мягкими покатыми склонами и сильно расчлененными долинами приток. Средняя высота водосбора возле с. Колочава 1000 м. Самая большая высота 1706 м (г. Стримба).

Нижняя часть бассейна находится в предгорьях и представляет собой плато, расчлененное долинами приток на отдельные увалов, высотой не больше 280 р. Лесистость водосбора 60%, в верхней части в водпоста Острика - 79%, на притоке Озерянки – 83%.

Долина слабоизвилиста, выше с. Забродь – V-образная, шириной от 10 м в истоке до 850 м возле с. Лазы, расширяясь возле с. Теребля до 5,5 км. Высота склонов долины 40-60 м. Во многих местах у подножия склонов наблюдаются выходы грунтовых вод с дебитом 1,0-2,0 л/с.

Пойма равная, выше с. Драгово чередуется по берегам, ниже – двусторонняя, шириной 40-60 м, иногда до 0,8 км.

Русло извилистое, в верхнем и среднем течении находятся многочисленные пороги и перекаты, часто встречаются острова. При впадении в р. Тису русло разветвляется на 2 рукава. Преобладающая ширина реки 15-30 м, самая большая – 54 м.

Самый большой уровень воды на водпоста Колочава наблюдался в марте 2001 р. и равнялся 398 см над нулем графику.

Река Река – правый приток р. Тисы. Длина реки 94,1 км, площадь водосбора 1145 км<sup>2</sup>. Исток реки возле г. Черная Река. Высота истока 1285 м и устья 156 м над уровнем моря.

Таблица 2.18.

## Основные притоки

Река	Длина, км	Площадь
------	-----------	---------

		водосбора, км <sup>2</sup>
Быстрая (л.)	13,6	47,4
Голятинка (пр.)	21,3	92,6
Репинка (пр.)	31,7	221
Чеховец (пр.)	17,8	58,3
Осава (пр.)	21,6	72,2

Верхняя часть водосбора находится высоко в горах. Средняя высота водосбора отдельных водотоков достигает 1000 м, в Межгорье она снижается до 800 р. Самая большая высота 1599 м (р. Большой Верх).

Ниже с. Н.Быстрый река выходит из гор и впадает в Тису на равнине. Средняя высота водосбора к г. Хуст составляет 680 м.

Лесистость бассейна 51%, причем в верхней части бассейна она меняется от 22% в бассейне Репинки до 93% в бассейновые реки Быстрая.

Долина реки слабоизвилистая, выше с. Березово V-образная, шириной по дну от 40 до 500 м. Возле г. Хуста долина р. Реки сливается с долиной р. Тисы. Во многих местах у подножия склонов есть выходы грунтовых вод с дебитом 1,5-4,0 л/с.

Пойма на большом расстоянии двусторонняя, шириной 40-100 м, в нижнем течении – до 500 р.

Русло извилистое, через каждое 1-2 км встречаются острова. Ширина реки 20-50 м, самая большая – 103 м, берега высотой до 2 м, иногда до 6-10 м.

Самый большой уровень на водпосте Хуст наблюдался 30.XII.1947 р. и равнялся 685 см над нулем графика. В Межгорье самый большой уровень 478 см над нулем графика, наблюдался 14.XII.1957 р.

Река Боржава – правый приток р. Тисы. Длина реки 112 км, площадь водосбора 1450 км<sup>2</sup>. Река ведет начало на склоне р. Большой Верх. Высота истока 1575 м и устья 107 м над уровнем моря.

Таблица 2.19.

## Основные притоки

Река	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>
Кушница (пр.)	20,1	106
Бронька (л.)	21,0	91,8
Сальва (л.)	38,8	232
Иршава (пр.)	50,6	360

Густота речной сети  $1,3 \text{ км/км}^2$  – наименьшая в бассейне р. Тисы. Только самая верхняя часть водосбора находится в горах, потом река выходит у предгорья, а в нижнем течении – на равнину. Средняя высота водосбора водпоста Длинное 400 м.

Лесистость водосбора 45%, в верхней части водосбора значительно больше – 71% и 61% водпоста Иршава в бассейне р. Иршава.

Долина реки слабо извилистая, выше с. Имстичево V-образная, шириной по дну от 40 м до 0,9 км. Склоны ее сильно расчленены глубокими долинами.

Пойма двусторонняя, выше с. Плотина шириной от 30 м до 500 м, а сел Дубровка и В. Реметы расширяется до 3 км.

Русло извилистое, выше с. Дубровка разветвленное, через 0,5-2,0 км встречаются острова.

Пригирловой участок, протяженностью возле 5 км, находится в подпоре от р. Тисы.

Ширина реки в среднем и нижнем течении 30-50 м. Берега высотой 1-3 м, на пригирловом участке до 8 м, во многих местах закрепленные.

Самый большой уровень воды на водпосте Длинное наблюдался 5.XI.1998 г. и равнялся 547 см над нулем графика.

Река Латорица – левый приток р. Бодмор. За исток реки принятый исток р. Жденявки, как наиболее длинного водотока. От истока до Госграницы длина реки 156 км, площадь водосбора к Госгранице  $4418 \text{ км}^2$ . Высота истока 1226 м и у Госграницы 99,2 м над уровнем моря.



Бассейн р. Латорицы в верхнем течении размещенный на отрогах Восточных Карпат, а ниже р. Мукачево – на Закарпатской низменности, высотой возле 100 м.

Средняя высота водосбора 310 м, в верхней части – в бассейнах рек Жденявка и Веча 760-770 р.

Таблица 2.20.

Основные притоки

Река	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>
Жденявка(л.)	28,0	154
Веча (л.)	38,0	246
Пиния (пр.)	12,0	202
Свалявка (л)	20,0	138
Мала Латорица (пр.)	44,3	326
Веля (пр.)		133
Высокобережный канал (л.)		607
Слатина (пр.)	23,1	107

Лесистость бассейна 42%, в верхнем течении Лесистость выше, например, в бассейне р. Жденявки – 64%.

В верховье долина реки извилистая, V-Образная, иногда в виде ущелья, шириной от 40 м в ущельях до 600-700 м ниже с. Подполозье. Пойма к устью р. Вечи отсутствующая и только возле сел Латорка и Подполозье протягивается прерывистой полосой от 20 м до 200 р.

От устья р. Вечи к г. Мукачево долина реки корытообразная, шириной по дну 1-2 км, в г. Мукачево 4-5 км. Самая большая ширина поймы возле 1,0 км (ниже с.Чинадиево).

От р. Мукачево к Госгранице долина неясно выражена, пойма на отдельных участках шириной от 100 м до 4-6 км.

Русло извилистое, острова встречаются редко. Ширина русла от 12 м до 100р. Берега в нижней части 2-3 м, иногда повышаются до 8-12 р.

Самые большие уровни воды на водпостах наблюдались: Подполозье – 14.XII.1957 р. (388 см над нулем графика); Свалява – I.III.1967 р. (416 см над нулем графика), Мукачево – 5.XI.1998 р. (687 см над нулем графика); Чоп – 6.XI.1998 р. (746 см над нулем графика).

Река Уж – приток р. Лаборець. Длина ее в пределах Украины 112,8 км, площадь водосбора в Госгранице 1996 км<sup>2</sup>, а в пределах Украины 1582 км<sup>2</sup>.

Бассейн реки размещается на отрогах Карпат и только выше р. Ужгорода выходит на равнину. Высота истока 971 м и возле Госграницы 102,4 м над уровнем моря. Лесистость водосбора 57%.

Таблица 2.21.

Основные притоки

Река	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>
Уг (пр.)	13,0	86,0
Уличка (пр.)	27,0	207
Убля (пр.)	25,0	217
Люта (л)	47,5	274
Турья (л.)	49,3	467

Долина извилистая, V-образная в верховье, в с. Жорнава имеет вид ущелья, ниже г. Ужгорода уже нечетко выраженная. Ширина долины от 0,1-0,3 до 2,5 км в г. Ужгорода.

В верховье реки на склонах наблюдается значительное количество источников с дебитом 0,5-2,0 л/с.

Пойма двусторонняя, что чередуется по берегам, шириной 50-150 м, возле с. Заричеве до 1 км.

Русло слабоизвилистое, через 5-10 км встречаются острова.

Выше с. Заричеве река имеет порожи́стый характер. Ширина реки от 1,0 м до 185 м.

Берега крутые, высотой 1-2 м, иногда до 6-8 р. Дно реки каменистое, у поселка В. Березный – галечное, а в г. Ужгороде и ниже у берегов заиленное.

Самые большие уровни в Жорнаве и В. Безном наблюдались 14.II.1957 г. и составляли соответственно 296 и 527 см, над нулем графика в Заричеве – 29.I.1979 г. (446 см над нулем графика), а в Ужгороде 17.XI.1992 г. (350 см над нулем графика).

Грунтосоставляющими породами бассейна Тисы есть четвертичные отложения и продукты выветривания третичных и вулканических пород.

В самой верхней части бассейна встречаются горнолесные подзолистые грунты, в верхней и средней частях распространенные горнолесные бурые грунты. В средней и нижней частях бассейна встречаются бурые лесные и аллювиально-луговые грунты. Преобладающие грунтовые типы низменностей и предгорья составляют дерно-глеевые и дерново-оподзоленные грунты. В зоне горных долин преимущественно распространены луго-щелочные, горно-луговые и дерно-буроземные грунты, в лесной зоне – бурые лесные и дерно-буроземные.

Бассейн Тисы к с. Вилка облесен на 55%, в горной части на 65-80%, с преобладанием ели и бука.

Озера в бассейне Тисы, как правило, леденцового происхождения. Некоторые из них образовались в результате горных обвалов или имеют вулканическое происхождение. Есть озера, которые образовались в местах бывших открытых разработок соли (Тереблянские соляные озера).

Самым большим, что пользуется большой популярностью, есть Синевверское озеро, которое называется "Морской глаз", расположенное в верховьях р. Теребля на высоте 989 м над уровнем моря. Площадь его водного зеркала возле 7 га, средняя глубина 16-17 м [1-4].

## **2.2. Оценка исходных данных**

Из материалов австрийской, венгерской и чехословацкой гидрографических служб известно, что водомерные станции и посты на р. Тисе и ее притоках были открыты в середине XIX и начала XX столетия. Первый водомерный пост Вил на р. Тисе открытый в 1851 году. В нижних течениях

правых притоков Тисы были открыты водомерные посты на р. Река-Хуст в 1898 р., р. Латорица-Чоп в 1878 р., р. Мукачево – 1880 р. и р. Уж – р. Ужгород в 1889 р.

После первой мировой войны Закарпатская область была включена в состав Чехии. За период с 1921 по 1928 гг. гидрометрическая сеть значительно увеличилась, были открыты 33 водомерных поста на притоках – Черной и Белой Тисе, Тересве, Терeble, Реке, Боржаве, Латорице и Уже. На этих постах проводились наблюдения над уровнями воды, которые на большинстве постов были прекращены в 1931-1935 гг.

После входа Закарпатской области в состав Украины гидрологическая сеть была пересмотрена и восстановленная. Причем восстановление и открытие новых речных станций и постов относится до конца 1945 и начала 1946 р. За несколько лет было открыто 5 речных гидрометеостанций и возле 30 постов. В следующие года гидрологическая сеть постов все время увеличивалась, однако в 1988 р. часть водпостов была закрыта. В данное время действует 34 водпоста с периодом наблюдений над уровнями воды свыше 33 годов.

Список водомерных постов государственной опорной гидрологической сети в бассейне р. Тисы на территории Украины приведены в таблице 2.1, а схема размещения постов на отдельных реках - на рис.2.1

Материалы наблюдений до 1945 г., то есть за довоенный период, приведены по отдельным постам в венгерских и чехословацких ежегодниках. Однако, при сравнительно большой сети водпостов, упомянутых в венгерских и чехословацких источниках, практически использовано ограниченное количество данных об уровне. Это вызвано тем, что на протяжении длинного периода создавались водпосты, где выполнялись наблюдения над уровнем воды, по несколько раз переносились, а отметки нулей графиков водпостов не приводились в единую систему отметок. Кроме того, после катастрофических паводков в восточной части бассейна Тисы (на реках Черной и Белой Тисе, Косовской, Шопурке и Тересве), что наблюдались летом 1927 и 1933 гг., а на реках Латорице и Уже в октябре 1926 р., многочисленные участки этих рек были обвалованы. Высокие горизонты воды и после обвалования являются несравненными и при расчетах не могут быть использованы в виде единого ряда [1-4].

После паводка 1933 г. на р. Тисе максимальные уровни воды в створе водпоста Вилко фиксировались в условиях прохождения высоких уровней между дамбами. В 1947 г. при прохождении смешанного паводка 30 декабря вода переливалась через дамбы. При подсчетах стока и обработке уровней воды по водпосту Вилки был установлен расчетный период с 1954 по 1999 года. Максимальный уровень исторического паводка 14 мая 1970г., при котором также зафиксирован перелив воды через дамбы, что был скорректирован с условием не прорыва дамб и включен в расчетный период.

Для наблюдения над уровнями воды, начиная с 1956 р., водпосты оборудовались самописцами. За 1956-1960 гг. был установлен 21 самописец.

К установлению самописцев на уровне воды в границу измерялись 2 раза на время, а в период прохождения паводков велись многочисленные наблюдения, что давало возможность верно определить среднесуточные уровни воды.

К войне 1941-1945 гг. на р. Тисе и ее притоках измерения расхода воды проводилось эпизодически, с большими перерывами. В зимний период расходы воды не измерялись. Наблюдение над уровнями воды проводилось один или два раза на время. Длительные наблюдения в периоды прохождения весеннего наводнения или ливневых паводков не проводились, поэтому подсчитанный ежедневный сток в створах водпостов есть, как правило, занижен и очень приблизительный и при обобщении стоковых данных сток за довоенный период в расчетах не принимался.

Систематические измерения расхода воды начаты в 1946 г. Наблюдение над стоком проводилось на всех действующих постах, за исключением двух водпостов на самой Тисе: в Большом Бычкове и Тячеве, где выполнялись только наблюдения над уровнями. В 1994-1995 гг. в эту же категорию были переведены водпосты Тересва-Нересница, Мокранка-Русская Мокрая, Река-Верхний Быстрый, Река-Хуст, Голятинка-Майдан, Репинка-Репинне, Студеный-Нижний Студеный, а в 1998 р. – Боржава-Шаланки.

Количество вымеренных расходов воды на каждом гидростворе ежегодно составляет в среднем 30-40, а при значительной деформации русла - 70-80. Большинство измерений расхода относится к средним и низким уровням воды, в редких случаях есть измерения расхода при высоких уровнях воды.

За период 1946-1999 гг. ежедневный сток рек в бассейне р. Тисы подсчитан Киевской гидрометеобсерваторией УГМВ Украины и с 1954 г. опубликован в гидрологических ежегодниках. По р. Тисе – в/п Вилки ежедневный сток за 1935-1941 гг. вычислен Львовским отделением Укргидропроекта, а за 1942-1944, 1946-1953 гг. Киевской гидрометеорологической обсерваторией и за 1954-1999 гг. он опубликован в гидрологических ежегодниках.

На р. Латорица – в/п Чоп определен ежедневный сток выполненный за период 1924-1927, 1938-1943, 1946-1956 гг. Институтом гидрологии и гидротехники АН Украины, а за 1928-1937 и 1957-1999 гг. Гидрометслужбой Украины [1-4].

Всего на р. Тисе и ее притоках есть стоковые данные по 49 пунктам.

Для расчетов параметров годового стока выполнен сбор и анализ данных по 46 водпостам в бассейне Тисы, где период наблюдений над стоком наиболее продолжительный.

Данные о продолжительности периодов наблюдений приведены в таблице 2.22.

Таблица 2.22.

Продолжительность периодов наблюдений над стоком

Период наблюдений ( лет)	-10	1-20	1-30	1-50	50	Вместе
Количество водпостов				2		46
В % от общего количества постов				0	0	100

Количество постов, где есть данные о ежедневном стоке за период свыше 30 лет, составляет 41 или 90% от общего их количества.

В 20% случаев период наблюдений над стоком превышает 50 лет. Стоковые данные по площадям водосборов характеризуются данными таблицы 2.23.

Таблица 2.23

## Распределение стоковых водпостов по площадям водосборов

Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	100	101- 500	501- 1000	1001- 5000	>5000	Вместе
Количество вод постов		23	7	9	1	46
В % от общего количества постов	3	50	15	20	2	100

Из малых водосборов до 100 км<sup>2</sup> есть данные над стоком на 6 гидростворах или 13% от общей их количества. Наиболее представлены площади водосборов от 100 до 500 км<sup>2</sup> (50% общего количества водомерных постов).

Как известно, почти на всех гидростворах, где измеряются расходы воды, наблюдается двусторонняя деформация русла рек, особенно после прохождения высоких и катастрофических смешанных или ливневых паводков. Учитывая это, ежедневный сток в каждом году на всех створах определяется по кривой расхода для свободной поверхности и с введением зимних коэффициентов для периодов с ледовыми явлениями, установленных по вымеренным расходам в зимний период. Подсчет ежедневных расходов каждый год иногда выполняется за несколькими кривыми, к прохождению паводка и после. Деформация русла сказывается, главным образом, на нижней и средней частях кривых расход, которые хорошо отображены вымеренными расходами. Экстраполяция кривых расход в нижней части, то есть при минимальных уровнях воды, незначительная (до 2-5%) и минимальные расходы воды во всех створах определены с достаточной точностью. Для средних уровней измеряется расход и ежедневный сток воды, опубликованный в ежегодниках, есть удовлетворительным.

Максимальные расходы средних по высоте паводков, как правило, вымерены и связывают по длине реки. При прохождении наивысших паводков, таких как в XII.1947, XII.1957, II.1968, VI.1969, V.1970, XI.1998, III.2001, максимальные расходы не измерялись, только в Мукачехо самый высокий максимальный расход в XII.1957 г. был вымерен поплавками. Максимальные расходы самых высоких паводков рассчитаны при экстраполяции верхней части кривой расходов, которая достигает 30-40% амплитуды колебания уровня за период наблюдений.

Учитывая, что увязка стока по длине рек Гидрометслужбой не проводилась, для оценки стоковых данных, были построены совмещенные хронологические графики и графики связи стока водпостами, принятыми как аналоги для определения гидрологических характеристик в расчетных створах. Графики связи стока воды между водпостами использованы также для удлинения рядов в створах, где в разные годы наблюдения над стоком были прекращены, а также для восстановления максимальных расходов мартовского паводка 2001 г [1-4].

### **2.3. Общая характеристика режима р. Тисы и ее приток**

Первые сведения об уровневых режимах бассейна р. Тисы относятся к середине XIX столетия. Но использовать все данные наблюдений не возможно, так как в результате того, что в разное время водомерные посты находились под контролем разных стран, часть наблюдений утрачена, а сведения об уровне, что сохранились, оказались несравненными через неоднократное перенесение водомерных постов без увязывания уровневых наблюдений и через изменение уровневого режима в результате строительства мелиоративных систем, ГЭС, сплавных плотин или обвалованных участков рек в целях защиты от затопления.

В данной работе использованы наблюдения на 34 водомерных постах с периодами наблюдений от 34 до 60 лет. На 18 водпостах (53% всего количества водпостов) периоды наблюдений представляют свыше 50 лет.

Однородность принятых уровневых наблюдений затронута на Тисе возле Хуста в 1966 г., на Латорице возле Мукачево и на Уже в Ужгороде в 1948 г. в результате перенесения водпостов без увязывания уровней.

На Реке в Хусте естественный уровневый режим изменен работой Терембле-Рикской ГЭС, которая вступила в действие в 1956 г.

На Латорице в районе водомерного поста Свалява с 1980 г. естественный уровневый режим изменен вследствие того, что русло подлежит частым искусственным деформациям в связи с забором гравия.

На Тересве – в/п Нересница декабрьский паводок 1989 г. привел к деформации русла, вследствие чего отметки приобрели минусовые значения и за



следующие девять лет уменьшились в среднем больше чем на 1 м.

Колебание уровней воды на реках бассейна Тисы есть характерным для горных рек. Они характеризуются частым наступлением ливневых паводков, а также наличием высоких паводков смешанного происхождения (дождевых и снеговых). Характерным есть небольшая продолжительность паводков (3-4 дня) и их частое повторение до 10-12 паводков в течение года. По величине подъема уровня они часто бывают чрезвычайными, вызывая наводнения, которые служат причиной больших разрушений и ущерба.

В зависимости от температурных условий зимы и характера выпадения осадков некоторые года характеризуются высоким весенним наводнением и небольшими паводками в течение года, другие года – низким весенним наводнением и высокими ливневыми паводками, а некоторые года – непрерывным чередованием паводков, одинаково высоких на протяжении всего года.

Подъем уровня весеннего наводнения обычно начинается в середине – конце марта одновременно с началом снеготаяния в горах. Весеннее наводнение часто усиливается дождями, что выпадают в настоящее время, или возбуждается возвращением холодов, поэтому проходит несколькими пиками. Интенсивность подъема уровня при высоких наводнениях больше, чем при низких. Так, средняя интенсивность подъема уровня при высоком наводнении на средних и больших реках составляет 0,4-1,5 м/час, а при низком наводнении – 5-10 см/час. Убыль уровней весеннего наводнения значительно медленнее подъема. Заканчивается весеннее наводнение в начале-середине апреля.

В поздний период наблюдаются паводки, которые вызваны дождями, с максимумом, обычно превышающим по высоте максимум весеннего наводнения на 0,5-1,0 м, и только в засушливые года, когда осадков выпадает меньше нормы, паводки по высоте значительно ниже весеннего наводнения.

Убыль уровня воды в реках длится к августу-сентябрю, достигая минимума в конце сентября-октября.

В многоводные года (1948, 1955 и др.) паводки непрерывно наступают один за вторым. Количество паводков в такие года достигает 5-8, иногда 10-12 и больше. Средняя интенсивность подъема уровня во время паводков на малых реках 0,5-0,7 м/час, на средних и больших достигает 1,5-3,5 м/час. В маловодные

года паводки незначительные, высота подъема уровня воды составляет 0,5 м на малых и 1-1,5 м на больших реках.

Осенние дожди обуславливают значительное повышение уровней. Часто осенний подъем длится и при переходе реки к зимнему состоянию. Осенние подъемы уровней воды также интенсивные, и паводки, которые проходят, иногда достигают катастрофических размеров. Высота паводков может превышать уровень весеннего наводнения и летных дождевых паводков на 2,5-3,0 м.

Зимой уровни также малоустойчивы. Колебание их обуславливается частыми оттепелями, которые сопровождаются дождями. В таких случаях бывают значительные подъемы уровня воды в реках, которые достигают от 1-1,5 до 2-3,5 м над предпаводковым уровнем.

Вследствие анализа, изложенного выше, максимальные уровни воды за происхождением и временами их наблюдения распределяют на снего-дождевые (XII.1947, XII.1957, III.1967, I.1979, XI.1992, XI.1998, III.2001 гг.) и дождевые (VIII.1948, V.1979, VII.1980 гг.).

В таблице 2.24. приведены максимальные уровни воды в сантиметрах на "0" графику в бассейне р. Тисы за период наблюдений.

По данным таблицы 3.1 видно, что за последнее десятилетие наивысшие уровни воды в бассейне р. Тисы наблюдались в 1992, 1995, 1998 и 2001 гг.

В 1992 г. паводок прошел в октябре-ноябре. Самые большие уровни наблюдались в бассейнах Ужа и Латорице. Подъемы достигали 1,3-4,6 м. Максимальный уровень р. Уж возле г. Ужгород превысил исторический на 73 см (на формирование этого пика повлияли антропогенные факторы), а возле Жорнавы и Заречья был ниже исторического на 66 и 6 см соответственно [1-4].

Таблица 2.24

Максимальные уровни воды в бассейне р. Тисы

Река	Пункт	Период наблюдений	Отметка "0" графика, мбс	Н <sub>max</sub> за опред. период, см над "0" графика	Дата
Тиса	Рахов	1950-99, 2001	429,73	575	03.2001

Тиса	Большой Бичков	1946-99, 2001	294,78	623	03.2001
Тиса	Тячев	1943-99, 2001	208,97	742	03.2001
Тиса	Хуст	1966-99, 2001	162,91	521	03.2001
Тиса	Вил	1933-41, 1946-99, 2001	115,15	696	14.05.1970
Тиса	Чоп	1951-99, 2001	92,35	1347	03.2001
Черная Тиса	Ясиня	1947-99, 2001	646,50	464	23.03.1964
Возле Тиса	Луга	1947-99, 2001	602,05	264	13.05.1970
Косовская	Косовская Поляна	1963-99, 2001	406,77	295	03.2001
Тересва	Устьев-Черная	1947-99, 2001	523,86	444	13.12.1947
Тересва	Нересница	1959-99, 2001	298,38	349	01.04.1962
Мокранка	Русская Мокрая	1938, 1940-45, 1947-99, 2001	549,04	312	05.11.1998
Теребля	Колочава	1952-99, 2001	531,17	398	03.2001
Река	Верхний Быстрый	1966-99	524,23	281	22.07.1980
Река	Межгорье	1946-99, 2001	434,22	478	14.12.1957
Река	Хуст	1946-99, 2001	156,41	685	30.12.1947
Голятинка	Площадь	1956-99	497,53	296	24.07.1966
Репинка	Репинне	1956-99	467,76	660	14.12.1957
Пилипец	Пилипец	1956-99	568,79	318	14.12.1957
Студеный	Нижний Студеный	1946-99	605,89	267	12.08.1948
Боржава	Длинное	1946-99, 2001	168,35	547	05.11.1998
Боржава	Шаланки	1961-99, 2001	114,32	890	06.11.1998
Латорица	Подполозья	1947-99, 2001	356,54	388	14.12.1957

Латорица	Свялява	1962-99, 2001	190,00	416	01.03.1967
Латорица	Мукачево	1948-99, 2001	115,60	687	05.11.1998
Латорица	Чоп	1956-99, 2001	96,58	750	03.2001
Веча	Нелипыне	1957-99	225,58	308	14.12.1957
Старая	Зняцьево	1946-99	104,92	499	23.07.1980
Уж	Жорнава	1946-99, 2001	328,29	296	14.12.1957
Уж	Большой Березный	1946-88, 1994-99, 2001	196,26	527	14.12.1957
Уж	Заричьево	1946-99, 2001	154,56	446	29.01.1979
Уж	Ужгород	1949-99, 2001	112,38	350	17.11.1992
Турья	Турья Поляна	1964-99, 2001	278,46	348	05.11.1998
Турья	Симер	1957-99, 2001	151,23	332	23.07.1980

Паводок 1995 г. наблюдался 23-30 декабря. Подъемы уровней воды на Тисе и Латорице составляли 0,7-6,4 м. Самый большой подъем уровня воды наблюдался на р. Тисе возле г. Чоп - 8,04 м. Максимумы этого паводка на Тисе и Латорице возле Чопа были низшими от исторических лишь на 0,7-0,95 м (соответственно).

Паводок 1998 г. есть одним из наиболее катастрофических за последние годы. Он охватил все реки Закарпатья.

Продолжительность паводка ноябрьского паводка 1998 г. 70-100 часов. Время подъема паводка составил в среднем 28-40% от всей его продолжительности.

Подъемы уровней воды на большинстве рек составляли 0,6-1,2 м за 4 часа. На р. Латорица возле г. Мукачево, ночью 5 ноября зафиксировано повышение уровня воды на 0,9 м за 1 час.

В нижней части Латорицы и Боржавы на уровне воды превышали максимальные многолетние. Они были на 4,5-8,9 м выше за минимальные меженные.

На горных участках большинство рек на протяжении паводка поднимались уровни воды на 2-4 м. Только на р. Уж подъемы не превышали 2-2,8 м.

Паводок в ноябре 1998 г. на реках восточной части Закарпатья был

наивысшим за последние 53 года (1946-1998 гг.) При этом на верхних участках рек Тересвы, Теремле, Реки, Боржаве, на Латорице (возле г. Мукачево) на отдельных участках Тисы он превышал паводки предыдущих 52 года на 0,3-0,9 м или приближался к ним.

Интенсивность подъема уровня в верховьях рек составляла 1,8-2,3 м/час, увеличиваясь к устью рек до 2,5-2,9 м/час.

Убыль уровней была значительно медленнее подъема, но самая большая интенсивность убыли в верховьях рек была такая же, как и подъема, а к устью рек значительно меньше.

Паводок 3-5 марта 2001 г. также относится к катастрофическим.

Уровни воды на верхней Тисе, Тересве и Теремле превысили уровни паводка 1998 г. на 20-75 см.

В таблице 2.25 данная характеристика мартовского паводку 2001 г. в сравнении с ноябрьским 1998 г.

Минимальные годовые уровни воды на реках бассейна Тисы наблюдаются в летне-осенний период или зимой.

Уровни зимней границы обычно кое-что выше уровней летне-осенней границы, но иногда, как отмечалось выше, они формируются довольно значительными подъемами в периодом оттепелей [1-4].

Таблица 2.25.

Характеристики мартовского паводка 2001 р. в сравнении с  
ноябрьским 1998 р. в бассейне р. Тисы

Река	Пункт	Ноябрь 1998 р.		Март 2001 р.		Различие между макс. паводком 1998- 2001 гг., см
		Максим. уровень, см	Превы- шение над передпав. уровнем, см	Максим. уровень, см	Превы- шение над передпав. уровнем, см	
Тиса	Рахов	500	302	575	429	+75
Тиса	В.Бичков	552	419	621(623*)	568	+71
Тиса	Тячев	726	644	742	748	+16

Тиса	Хуст	428	360	521	503	+93
Тиса	Вил	660	747	686	855	+26
Тиса	Чоп	1328	836	1347	953	+19
Черная Тиса	Ясиня	400	257	360(396*)	270	-4
Возле Тиса	Луга	147	126	170(175*)	161	+28
Тересва	Устьев- черная	363	296	431(382*)	340	+19
Тересва	Нересница	305	370	306(319*)	238	+14
Мокранка	Русская Мокрая	312	252	310	307	-2
Теребля	Колочава	360	277	398		+38
Река	Межгорье	380	290	317(330*)	278	-50
Река	Хуст	620	337	600	364	-20
Боржава	Длинное	547	392	502	368	-45
Боржава	Шаланки	890	638	870	654	-20
Иршава	Иршава	280		210	215	-70
Латорица	Подполозье	320	244	263	198	-57
Латорица	Свалява	304	198	252	238	-52
Латорица	Мукачево	687	450	580	356	-107
Латорица	Чоп	746	275	750	491	+4
Старая	Зняцеве	494	306	460		-34
Уж	Жорнава	246	218	188	172	-58
Уж	Большой Березный	433	227	425	217	-8
Уж	Заричеве	442	331	422	329	-20
Уж	Ужгород	295	418	207	339	-88
Турья	Симер	320	277	260	22	-60

В таблице 2.26 приведены минимальные уровни воды за период наблюдений на водомерных постах в бассейне р. Тисы.

Таблица 2.26.

## Минимальные уровни воды в бассейне р. Тисы

Река	Пункт	Период наблюдений	Отметка "0" графика, мбс	min за период наблюдений, см над "0" графика	Дата
Тиса	Рахов	1950-99	429,73	134	30.08.,04.10.1999
Тиса	В. Бичков	1946-99	294,78	30	17.08.,03.10.1946
Тиса	Тячев	1943-99	208,97	-54	12-15.10.1973
Тиса	Хуст	1966-99	162,91	-40	04.03.,05.09.1996
Тиса	Вил	1933-41, 1946-99	115,15	-242	11.09.1984
Тиса	Чоп	1951-99	92,35	232	25-26.11.1983
Черная Тиса	Ясния	1947-99	646,50	100	22.03.1999
Возле Тиса	Луга	1947-99	602,05	3	24.08.1995, 30.03.1998
Косовская	Косовская Поляна	1963-99	406,77	25	05.03.,14.03.1993, 19.02.,20.02.1997
Тересва	Устьев-Черная	1947-99	523,86	18	22.12.1962
Тересва	Нересница	1959-99	298,38	-120	27.03.1997

Мокранка	Русская Мокрая	1938, 1940-45, 1947-99	549,04	-19	28.09.,05.10.1999
Теребля	Колочава	1952-99	531,17	-42	30.01.1999
Река	Верхний Быстрый	1966-99	524,23	51	13-14.03.1993
Река	Межгорье	1946-99	434,22	43	30.01.,17.11.1999
Река	Хуст	1946-99	156,41	198	30-31.08.1992
Голятинка	Площадь	1956-99	497,53	66	16-20.10.1986, 07.12.1986, 10.02.1987
Репинка	Репинне	1956-99	467,76	286	26.09.,28.09.1999
Пилипец	Пилипец	1956-99	568,79	106	10-12.08.1994, 15.09.,16.11.1999
Студеный	Нижний Студеный	1946-99	605,89	24	20-21.06.1988
Боржава	Длинное	1946-99	168,35	113	20.09.,05.10.1999
Боржава	Шаланки	1961-99	114,32	0	28.09.,03.10.1973
Латорица	Подполозье	1947-99	356,54	46	05-07.08.1994
Латорица	Свалява	1962-99	190,00	-42	11.08.1992
Латорица	Мукачево	1948-99	115,60	154	11.12.1986
Латорица	Чоп	1956-99	96,58	64	03.11.,05.11.1963
Веча	Нелепино	1957-99	225,58	-12	24.09.,05.10.1999



Старая	Зняцево	1946-99	104,92	55	12-17.07.1959
Уж	Жорнава	1946-99	328,29	1	06.08.,28.09.1999
Уж	Заричевое	1946-99	154,56	70	21-22.09.1999
Уж	Ужгород	1949-99	112,38	-169	23.08.1997
Турья	Симер	1957-99	151,23	5	15.10.1963

Самые низкие уровни наблюдались в маловодные года – 1946, 1963, 1973, 1984, 1996, 1999 гг.

Максимальные годовые амплитуды колебания уровней в бассейне р. Тисы наблюдаются в годы с наивысшими уровнями воды (1947, 1957, 1970, 1980, 1992, 1998 гг.). Минимальные годовые амплитуды колебания уровней наблюдаются в маловодные года.

Абсолютные амплитуды колебания уровней воды за период с 1946 по 1999 гг. меняются от 240-360 см в верховьях рек до 400-500 см в устьях рек. На р. Тисе абсолютная амплитуда колебания уровней увеличивается по длине реки от 593 см в Большом Бычкову до 1115 см в Чопе.

Гидротехническое и транспортное строительство в бассейнах рек Закарпатья в последние 30 лет привело к неоднородности рядов уровневых наблюдений над уровнями на большинстве водомерных постов, в связи с чем, непосредственное использование их для получения расчетных уровней, стало весьма проблематическим.

Средний многолетний сток в створах опорных водпостов, подсчитан за период фактических наблюдений, а также расчетные величины годового стока разной обеспеченности приведены [1-4] в таблице 2.27.

Таблица 2.27.

Средний многолетний сток и годовой сток разной обеспеченности в створах опорных водомерных постов\*

Река-Пункт	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Параметры кривой обеспеченности				Годовой сток ( м <sup>3</sup> /с/млн. м <sup>3</sup> /год) обеспеченностью:		
		норма стока		коэф. вариации, C <sub>v</sub>	коэф. ассиметрии, CS	50%	75%	95%
		м <sup>3</sup> /с	л/с км <sup>2</sup>					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тиса-г. Рахов	1070	26,0	24,3	0,25	0,50	25,3/798	21,0/663	15,8/499
Тиса - с.Деловое	1190	30,1	25,3	0,26	0,40	29,5/931	24,1/761	17,2/543

Тиса- пгт.Вилки	9430	206	21,8	0,25	0,75	200/6312	166/5239	126/3977
Черная Тиса – пгт. Ясиня	194	4,72	24,3	0,28	0,63	4,58/144	3,78/119	2,81/88,7
Черная Тиса – с. Билын	540	13,2	24,4	0,25	0,56	12,9/407	10,7/338	7,99/252
Белая Тиса — с. Луга	189	4,90	25,9	0,27	0,43	4.80/151	3,97/125	2,91/91,8
Белая Тиса — с. Розтоки	473	14,6	30,9	0,24	0,85	14,1/445	12,1/382	9,74/307
Косовская — с.Косовская Поляна	122	4,55	37,3	0,24	0,95	4,39/138	3,78/119	3,07/97

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Шопурка- с.Кобилецкая Поляна	240	8,80	36,7	0,26	0,13	8,73/276	7,25/229	5,18/163
Тересва- с.Устьев- черная	572	18,5	32,3	0,25	0,03	18,5/584	15,3/483	10,8/341
Тересва- с.Дубовое	757	26,0	34,4	0,26	0,10	25,9/817	21,5/678	15,1/477
Тересва- с.Нересница	1100	34,6	31,4	0,23	0,55	33,8/1067	28,5/899	22,0/694
Мокранка- с.Русская	214	8,39	39,2	0,21	0,20	8,32/263	7,09/224	5,40/170

Мокрая								
Брустуранка-с.Лопухов	257	8,70	33,8	0,36	0	8,70/274	6,91/218	4,32/136
Красная-с.Красная	50,7	1,96	38,7	0,37	0,35	1,91/60,3	1,45/45,7	0,85/26,8
Лужанка-с.Нересница	149	4,69	31,5	0,30	0,55	4,50/142	3,62/114	2,52/79,5
Теребля-пгт.Колочава	369	14,2	38,5	0,29	0,35	13,9/439	11,3/357	7,85/248
Река-с.Верхний Быстрый	165	4,24	25,7	0,31	1,35	4,0/126	3,32/105	2,61/82,4
Река-пгт.Межгорье	550	13,6	24,7	0,36	0,75	12,6/398	9,86/311	6,54/206
Река-с.Нижний Быстрый	781	23,4	30,0	0,46	0,92	21,0/663	13,8/436	6,7/211
Река-г.Хуст	1130	34,1	30,2	0,59	1,45	30,2/953	20,1/634	9,7/306
Голятинка-с.Голятин	59,0	1,65	28,0	0,43	0,86	1,55/48,9	1,15/36,3	0,67/21,1
Голятинка-с.Площадь	86,0	2,20	25,6	0,30	0,50	2,14/67,5	1,72/54,3	1,20/37,9
Репинка-с.Репинне	203	5,28	26,0	0,26	0,30	5,26/166	4,29/135	2,86/90,3
Пилипець-с.Пилипец	44,2	1,53	34,6	0,23	0,40	1,50/47,3	1,27/40,1	0,98/30,9
Студеный-с.Нижний Студеный	25,4	0,63	24,8	0,27	1,05	0,60/18,9	0,51/16,1	0,40/12,6
Боржава-с.Длинное	408	11,1	27,2	0,33	0,50	10,8/341	8,53/269	5,71/180
Боржава-с.Шаланки	1100	20,8	18,9	0,35	0,80	19,6/619	15,4/486	10,5/331
Иршава-	230	5,05	22,0	0,30	0,10	5,03/159	4,03/127	2,60/82,1

пгт.Иршава								
Латорица-с.Подполозье	324	9,17	28,3	0,29	0,46	8,95/282	7,20/227	5,00/158

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Латорица-г.Свалява	680	18,0	26,5	0,30	0,80	17,3/546	14,2/448	10,4/328
Латорица-г.Мукачево	1360	25,6	18,8	0,34	0,40	25,0/789	19,4/612	12,4/391
Латорица-г.Чоп	2870	35,7	12,4	0,32	1,35	33,6/1060	27,0/852	20,0/631
Жденявка-с.Верхняя Грабовница	150	4,60	30,7	0,25	0,17	4,60/145	3,83/121	2,77/87,4
Веча-с.Нелипыне	241	6,57	27,3	0,28	0	6,55/207	5,31/167	3,50/110
Пиния-с.Поляна	166	3,38	20,4	0,64	3,0	2,80/88,4	2,02/63,8	1,39/43,9
Старая-с.Зняцеево	224	2,16	9,64	0,38	0,76	2,09/66,0	1,55/48,9	0,87/27,5
Уж-с.Жорнава	286	6,62	23,2	0,31	0,47	6,47/204	5,16/163	3,52/111
Уж-пгт. Большой Березный	653	14,0	21,4	0,43	2,30	12,8/404	10,2/322	7,89/249
Уж-с.Заричевое	1280	20,6	16,1	0,30	0,67	19,8/625	16,1/508	11,5/363
Уж-г. Ужгород	1970	29,6	15,0	0,29	0,43	28,3/893	22,9/723	16,0/505
Люта-с.Черноголовая	169	4,15	24,6	0,30	0,70	4,02/127	3,28/104	2,39/75,4
Турья-с.Турья Поляна	98,6	2,58	26,2	0,23	0,60	2,50/78,9	2,15/67,8	1,71/54,0
Турья-с.Симер	464	9,07	19,6	0,38	1,0	8,54/269	6,59/208	4,40/139

По данным таблицы норма годового стока в бассейне Тисы уменьшается из северо-востока на юго-запад в 3-4 раза, от 39,2 л/с км<sup>2</sup> (р. Мокранка-с.Русская Мокрая) до 12,4 л/с км<sup>2</sup> (р. Латорица-г.Чоп), а на равнинной части бассейна Латорицы – до 9,64 л/с км<sup>2</sup> (р. Старая-с.Зняцеево).

Самой большой водностью (свыше 30 л/с км<sup>2</sup>) отличаются Косовская, Шопурка, Тересва, Тербля, а также Пилипец и Жденявка. Верховье Тисы, благодаря меньшему спуску вологоносных воздушных масс через горные хребты, которые окружают этот район, отличается несколько сниженной водностью (24-30 л/с км<sup>2</sup>). Норма годового стока р. Реки возле с. Нижний Быстрый и р. Хуст увеличенная вследствие того, что в 1956 г. вступила в действие Тербле-Руска ГЭС и с этих пор с р. Тербля, ниже пгт. Колочава, осуществляется перебрасывание стока в р. Реку (в 3 км выше с. Нижний Быстрый). В естественных условиях норма годового стока на этих водпостах значительно ниже [1-4].

Распределение годового стока рек за сезонами и месяцами обусловлено, главным образом, закономерностями внутригодовой смены основных составляющих водного баланса: осадков и выпаривания, которые являются зональными факторами формирования стока, а также влияния аazonальных факторов: геоморфологического строения бассейна, развития гидрографической сети и гидрогеологических условий, характера грунтов, растительного покрова и хозяйственной деятельности в бассейнах отдельных рек.

Условия формирования стока в бассейне Тисы обусловили соответствующий режим внутригодового стока рек.

Питание рек здесь смешано: снеговое, дождевое и грунтовое, с разной судьбой участия каждого из них в общем стоке. До 40% годового стока проходит в марте-апреле, во время прохождения весеннего наводнения, которое формируется обычно за счет тало-дождевых паводков. Дождевые паводки на реках наблюдаются в любой период года, а зимой во время оттепелей бывает несколько смешанных паводков.

Распределение стока летом-осенью и зимой отличается в восточной и западной частях бассейна. Так, в восточной части бассейна Тисы летом-осенью проходит до 40-45% и зимой 15-20%, а в западной летом-осенью проходит 25-40% и зимой 25-35% годового стока. Судьба зимнего стока к устью рек повышается. С уменьшением водности года величина весеннего стока уменьшается, а зимнего - увеличивается.

Систематическая изученность стока наносов в бассейне р. Тисы начата практически в послевоенный период с 1947-1948 гг. В следующие года сеть наблюдений над стоком наносов увеличивалась, однако, в последнее десятилетие она уменьшилась за счет закрытия или прекращения наблюдений на некоторых водомерных постах.

В данное время наблюдения над стоком наносов ведутся в 13 створах с площадями водосборов, главным образом, от 200 до 2000 км<sup>2</sup> [1-4] (таблица 3.5).

Таблица 2.28.

Распределение постов с наблюдениями над стоком наносов по величине площади водосбора в бассейне р. Тисы

Всего постов	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>						
	10000-50000	5000-2000	2000-1000	1000-500	500-200	200-100	<100
13	1	-	5	2	4	-	1

На водомерных постах выполняют такие работы:

- отбор проб воды на мутность и ее фильтрование;
- отбор проб большого объема, их отстаивание и концентрация с целью дальнейшего определения гранулометрического состава;
- отбор проб донных отложений (на равнинных реках) или же определение крупности наносов на горных реках с использованием рамы-сетки.

Последние из этих работ осуществляются несколько раз на год, но еще до недавнего времени обычной была три-четырёхразовая повторяемость на год.

Нужно иметь в виду, что в большинстве случаев данные стоков наносов занижены, как вследствие пропусков в измерениях максимальной мутности в период прохождения паводков, так и в следствие недоучета внутрисуточного хода мутности.

Пробы, взятые на водпостах, обрабатываются в лабораторных условиях.

Целью является определение таких характеристик:

- сток зависших наносов и мутность воды;
- гранулометричный состав зависших наносов;
- гранулометричный состав донных отложений.

Институтом гидрологии и гидротехники АН Украины была предложена карта средней мутности рек для территории Украины, со временем уточнена в Укрнигми и приведенная в "Ресурсах поверхностных вод СССР" том 6, вып. 1. При построении указанной карты, за среднюю многолетнюю величину стока наносов в створах водпостов принята величина, близкая к средней. Это обосновывалось тем, что анализ разностных интегральных кривых, построенных для рек, которые имеют относительно длинные ряды наблюдений (р. Тиса – г. Рахов, р. Латорица – г. Мукачево, р. Уж – г. Ужгород), показал, что продолжительность периода наблюдений по этим пунктам достаточный. Однако приведение коротких рядов наблюдений к расчетному периоду и восстановлению пропущенных лет по графику связи расход воды и наносов не проводилось по таким соображениям:

1. Продолжительность периода наблюдений над стоком воды для большинства пунктов такая же, как и над стоком наносов;
2. Разброс точек на графиках связи  $R=f(Q)$  превышает допустимое ((20%);
3. Связь между расходами воды и наносов есть для большинства пунктов наблюдений коррелятивный, то есть одним и тем же значением расход воды отвечают весьма отличные друг от друга значения расходов наносов.

Так, например, в 1964 р. объем наносов р. Уж возле г. Ужгород был самым большим за период наблюдений, в то время когда годовой объем редкого стока был несколько ниже нормы.

В работе СОПС АН Украины "Исследование формирования твердого стока рек Украинских Карпат" была выполнена обработка натурных данных наблюдений над твердым стоком по 1968 г. включительно, вследствие чего были полученные средние многолетние величины мутности по 33 стокowym створам, которые, в свою очередь, позволило построить отдельно для Украинских Карпат карту мутности с уточнением границ ее зон по условиям формирования и с учетом всех бассейнов рек, где определялся сток зависших наносов.

Результаты выполненных работ в целом показали близкие по значению величины средней мутности воды рек Закарпатья, а именно:

- по р. Тисе – до  $100 \text{ г/м}^3$ ;
- по бассейнам рек Латорица и Боржава –  $150\text{-}200 \text{ г/м}^3$ ;



- по бассейне р. Уж – 150-300 г/м<sup>3</sup>.

Причем наименьшие значения средней многолетней мутности прослеживаются в верховьях рек Шопурки, Тересвы и Теребли.

В 2000 р. институтом Укрндгми на существующей сети осуществлено обобщение многолетних значений стока наносов за имеющийся период наблюдений ( по 1995 р. включительно). За те же года собраны и обобщенно даны о среднем годовом стоке воды. Эти исследования дали возможность определить средние многолетние значения стока воды и наносов их побежалость, обчислать характерную мутность воды и модуль твердого стока [1-4] (таблица 2.28).

Таблица 2.28.

Средние многолетние расходы наносов в бассейне р. Тисы\*

Река-Пункт	Площадь бассейна, км <sup>2</sup>	Расхода воды, м <sup>3</sup> /с	Расходы наносов, кг/с	Мутность, г/ м <sup>3</sup>	Модуль твердого стока, т/год.км <sup>2</sup>
Тиса-Рахов	1070	24,9	3,56	143	105
Тиса-Вилок	9130	206	22,2	108	76,6
Теребля- Колочава	369	14,6	1,71	117	146
Река- Межгорье	550	13,8	4,02	291	231
Пилипец- Пилипец	44,2	1,56	0,233	149	166
Боржава- Шаланки	1100	21,0	2,38	1113	68,3
Латорица- Подполозья	324	9,86	1,57	159	153
Латорица- Мукачево	1360	25,5	7,91	310	184
Вича- Нелипыне	241	6,89	2,35	341	308
Уж-Жорнава	286	7,00	1,78	254	196

Уж-Заричеве	1280	21,4	7,62	356	188
Уж-Ужгород	1970	29,2	8,62	295	138
Турья-Симер	464	9,58	0,94	38,1	63,9

Полученные данные показали, что самая большая мутность воды ( до 300 г/м<sup>3</sup> и выше) наблюдается в реках Река, Латорица и Уж. Сравнительно с другими притоками р.Тисы меньшими значениями мутности воды ( до 120 г/м<sup>3</sup>) выделяются реки Тербля и Боржава.

Для рек бассейна р. Тисы характерное постепенное уменьшение мутности и модуля твердого стока вниз по течению. Основным фактором этого являются роста отдаленности от горных склонов. Вместе с тем на реках Латорица и Уж некоторый рост мутности вниз по течению обусловленное сечением речными долинами Вулканического хребта.

Распределение стока зависших наносов по сезонам года на разных реках Закарпатья не одинаковый. Река Тиса возле г. Рахова и р. Тербле возле с. Колочава до 45-50% годовой суммы наносов переносят в весенний период и 25-30% - в пожилой. В годы с высоким стоком в пожилой период может проходить до 52% наносов. На реках Река, Латорица, Уж и др. 80-100% годового объема наносов формируется в зимне-весенний период с него характерными для Закарпатья тало-дождевыми паводками.

Наименьшее количество наносов (в среднем 7-15% годовой суммы зависших наносов) переносится реками осенью [1-4].

Количество наносов, который переносится реками на протяжении года, зависит от водности года. Обычно самому большому объему годового стока воды отвечает и самый большой годовой сток наносов. Однако, в некоторые года, эта закономерность, как отмечалось выше, меняется. Размерь стока наносов рек бассейна р. Тисы в 2-4 раза больше размера редкого стока.

Наносы, что передвигаются водным потоком по дну и в придонной зоне, так называемые донные отложения составляют для рек Украинской Карпат 20-30% от зависших наносов.

## **2.4. Паводковый сток**

Паводки, что наблюдаются в бассейне р. Тисы, формируются в любое время года и могут быть ливневого, снегового или снего-дождевого происхождения.

Многолетние наблюдения за урвневим режимом и максимальным стоком в створах водпостов показывают, что особенно значительные и чрезвычайно высокие паводки в бассейне Тисы отмечались в 1913, 1927, 1933, 1941, 1947, 1948, 1955, 1957, 1968, 1970, 1980, 1992, 1993, 1995, 1998 и 2001 годах, причем паводки 1947, 1957, 1968, 1970, 1992, 1998 и 2001 лет по характеру формирования и катастрофическим следствиям занимают в этом ряде особое место.

По данным наблюдений водомерных постов на теплый период года (май-октябрь) приходится возле 65% общего количества паводков и только 35% - на холодный период (ноябрь-апрель). Однако, за величиной максимальной расходу и объема связанного стока паводки холодного периода, как правило, превышают паводки теплого [1-4].

### **2.4.1 Паводка холодного периода**

В результате неустойчивого термического режима и частых переходов в зимнее время от отрицательных до плюсовых температур, в бассейнах рек Закарпаття наблюдаются оттепели, во время которых на реках формируются высокие паводки холодного периода.

Поскольку в период оттепелей снеговой покров частично или полностью сходит к весеннему наводнению, которое чаще всего наблюдается в марте, запасы воды в снеге небольшие и наводнение формируется невысокая. Если в период последнего востокa снега выпадают дожди, весеннее наводнение может оказаться довольно высокой, самой большой в годе, как это наблюдалось на реках: Тересва в 1962 г., Боржава, Латорица и Турья – в 1968 г.

Однако на многих реках самые большие расходы за год и за многолетие часто формируются в период оттепелей под влиянием смешанного стока, который образовывается от талого снега и редких осадков. Редкие осадки в смешанном

стоке зимних оттепелей составляют 750 – 60%.

Впервые самые большие расходы периода оттепели были зарегистрированы в конце декабря 1947 г. На протяжении 10 лет, в декабре 1957 г., на некоторых реках Закарпаття сформировались такие же и более высокие максимумы. В феврале 1968 г. в бассейне Тисы снова сформировались высокие расходы смешанного происхождения. Декабрьские паводки прошли в 1993 г. (общие подъемы воды составляли 1,1-8,5 м) и 1995 г. подъем уровней на Тисе и Латорица – 0,7-6,4 м, на Тисе возле р. Чоп – 8 м. Последний катастрофический паводок на реках Закарпаття в марте 2001 г. также смешанного происхождения.

Наличие подъемов и убылей, которые часто чередуются и наблюдаются на реках Закарпаття в зимне-весенний период, не позволяет уверенно выделить продолжительность весеннего наводнения и определить ее объем за каждый год. Учитывая это, паводки смешанного происхождения и наводнение рассматривались как паводки холодного периода.

Ниже представлено короткое описание выдающихся паводков холодного периода на Закарпатье.

Декабрьский паводок 1947 г. сформировался за счет таяния снега и ливневых осадков.

В конце декабря 1947 г. в Карпатах настало резкое потепление, которое сопровождалось интенсивными дождями ливневого характера. На метеостанциях с 25.XII по 29.XII отмечалось повышение температуры воздуха от минус 14 °C до 12 °C тепла. В верховье р. Тисы и в бассейнах ее правых притоков (Косовская, Шопурка, Тересва, Теребля и Река) количество ливневых осадков на три дня составляла 180-260 гр. Так, например, на метеостанции Рахов 28-30 декабря выпало осадков 255 мм, в том числе 28.XII – 60, 7 мм, 29.XII – 132, 9 мм и 30.XII – 61, 8 мм. На водпоста Дубовое в бассейне р. Тересвы только 29.XII суточный максимум осадков составлял 107 гр. В других пунктах суточные максимумы осадков наблюдались в пределах 50-100 мм.

Редкие осадки выпадали на снеговой покров, высота которого на 23 декабря достигала 30-40 см в бассейне р. Тисы, 40-60 см в бассейне р. Тересвы и до 30 см в бассейне р. Реки.

Значительные запасы воды в снеге, резкое повышение температуры

воздуха и многочисленные ливневые осадки при наличии густой речной сети и больших склонов водосборов содействовали формированию 30.XII.1947 р. чрезвычайно высокого паводку, как на р. Тисе от Рахова до Вилка, так и на всех правых притоках.

Паводком были разрушены железнодорожные и шоссейные мосты, частично затопленные города Хуст, Рахов, Вил и много поселков. В зоне затопления оказались большие площади обрабатываемых земель, мулом было занесено много плодородных угодий в долине р. Тисы, погибли посевы. Сдвигами и обвалами были разрушены жилые дома в горных и прибрежных селах.

В начале второй декады декабря 1957 р. в Карпатах, в западной части и особенно в Закарпатье, произошло сильное потепление, температуры воздуха достигали 8-14 °C тепла, обжиги интенсивные дожди, которые сопровождались сильными ветрами, с 13 по 15 декабря. 14 декабря при сильном ветре обжиги исключительно интенсивные суточные осадки. Дошмерной сетью зафиксированы суточные максимумы осадков от 100 до 135 мм (Подобовец – 135 мм, Пилипец – 135 мм, Буковец – 121 мм, Лозянское – 112, Подполозье 100 мм и др.).

Во второй декаде декабря 1957 р. запасы воды в снеге перед выпадением дождевых осадков представляли: в бассейнах р. Уж 17 мм, р. Латорице – 22 мм, р. Реки – 48 мм, а в целом по бассейна р. Тисы – 37 мм.

На реках бассейна Тисы (Уж, Латорица, Боржава, Река, Тересва, Теребля и др.) сформировались выдающиеся паводки смешанного происхождения. На всех реках бассейна р. Тисы максимальные уровни наблюдались 14 декабря 1957 г. На ряде рек бассейна р. Тисы (Реке, Репинце, Боржаве, Латорице, Уже и др.) максимальные уровни воды в реках превысили наивысшие уровни за период наблюдений на 0,6-0,9 м.

На многих реках состоялась деформация русла, берега были размывы до 20-30 м в ширину, некоторые реки образовали новое русло. Паводок сопровождался значительными материальными ущербами.

Февральский паводок 1968 р. сформировался за счет таяния снега и ливневых осадков. В результате резкого потепления 23-25 февраля температура воздуха повысилась в горной части до 4-5 °, а на равнинной – до 9-10° тепло. На

снеговой покров, высота бассейна которого превышала 30-45 см, обжили ливневые осадки. Метеорологические станции 25 февраля зарегистрировали такие максимальные суточные осадки: Большой Березный – 44,9 мм, Нижние Ворота – 42,7 мм, Межгорье – 56,5 мм, Хуст – 58,5 мм, Рахов – 57,8 мм. Интенсивное снеготаяние, которое сопровождалось густыми ливневыми осадками, вызвало высокие подъемы уровней на всех правобережных притоках, а на Ужге возле Ужгорода паводку почти достиг высоты самого большого наблюдения в декабре 1957 г.

В 1992 г. прошел паводок в октябре-ноябре. В горных районах 29-30 октября выпало 30-70 мм осадков (самое большое количество осадков до 102 мм за дождь наблюдалась в верховьях рек Река, Теребля, Тересва). Паводок сформировался на фоне высоких уровней воды от предыдущего паводка. Подъемы воды составляли 0,9-7,6 м. На водпостах Подполозье, Свалява, Нересница, Колочава, Жорнава, Заричеве, Ужгород наивысшие уровни паводка были низшими за исторические всего на 30-96 см.

16-17 ноября выпало 20-100 мм осадков. Самое большое количество осадков (50-98 мм) наблюдалась в бассейнах Ужга и Латорицы. Подъемы составляли 1,3-4,6 м. Максимальный уровень р. Уж возле г. Ужгорода превысил исторический на 73 см (на формирование этого пика повлияли антропогенные факторы), а возле Жорнавы и Заричеве был низший за исторический на 66 и 6 см соответственно.

Во время паводка 1993 г. 20-21 декабря зафиксирован 20-90 мм осадков (в районе Рахова 160 мм), которые легли на хорошо увлажненный грунт в результате предыдущего таяния снегового покрова. Общие подъемы уровней воды составляли 1,1-8,5 м (самые большие уровни наблюдались на р. Тиса – 2,6-8,5 м). Максимальные уровни воды были низшими от наивысших многолетних, чем период наблюдений на р. Тиса (выше в/п Вилки) на 0,4-1,2 м, р. Тересве – 1,2 м., р. Боржаве – 0,6 м. Зафиксированы селевые потоки и сдвиги грунта.

Паводок 1995 г. состоялся 23-30 декабря вследствие дождей общим количеством осадков 60-70 мм и интенсивного снеготаяния при среднесуточных температурах воздуха 6-7 градусов тепла. Подъемы уровней воды на Тисе и Латорицы составляли 0,7-6,4 м. Самый большой рост наблюдался на р. Тисе возле

г. Чоп – 8,04 р. Максимумы этого паводка на р. Тисе и Латорице возле Чопа были низшими от исторических лишь на 0,70-0,95 м (соответственно).

Паводок 1998 г. есть одним из наиболее катастрофических за последние 20 лет. Он охватил все реки Закарпатья и его формирование происходило на благоприятной гидрометеорологической основе.

Летне-осенний сезон 1998 р. на Закарпатье был дождевым. По данным всех метеорологических станций ежемесячное количество осадков превышало норму, а за период август-октябрь выпало от 1,3 до 1,5 нормы. Часть дождей формировала дождевые паводки, которые охватили бассейны отдельных рек. Значительными были паводки в июле, а в бассейнах рек Ужа и Латорицы 5-8 августа прошел высокий паводок, который имел негативные следствия в четырех административных районах области.

Определяющими для условий формирования ноябрьского паводка есть, в первую очередь, осадки, что были в октябре. Их количество в зоне формирования стока достигла 170-250 мм при норме 80-120 мм. На равнинной территории выпало 70-110 мм, что в 1,5 раза превысило обычные показатели.

Интенсивные и продолжительные дожди по всей территории Закарпатья 28-29 и в ночь на 30 октября сформировали паводок 28 октября – 2 ноября. Суммарное количество осадков за двое суток (28-29 октября) представлялись в бассейне р. Тисы 50-130 мм, Латорице и Уже – до 30 мм, Боржавы – 50-70 мм.

Вследствие этой ситуации перед ноябрьским паводком уровень воды на низменных участках рек превышали на 2,5-6 м обычных меженных, а расходы воды в октябре были в 3-6 раз больше обычных для этого времени.

Это обстоятельство существенным образом отобразилась на водном режиме рек во время развития выдающегося паводка в ноябре.

Общая сумма осадков во время дождей, что выпали 4-5 ноября и сформировали паводок, в горных районах 70-120 мм, в эпицентрах дождей (верховье водосборов рек Косовская, Тересва, Мокранка, Тербля, Река) – 150-277 мм. Суточные суммы осадков достигли 1-1,5 месячной нормы ноября. Кое-что меньше осадков выпало на р. Уж и на Закарпатской низменности – в пределах 40-90 мм. Кроме того, на высокогорьях выпал снег завтовшки 5-10 см на западе и 15-20 см на востоке области, а местами 0,5-1,0 м, который вследствие резкого

потепления и дождей начал интенсивно таять.

Соответствующим интенсивности осадков было прохождение паводка 4-5 ноября. Кроме большого количества осадков, стремительному росту уровня воды содействовала интенсивность дождей, которые обусловили быстрое формирование в эпицентре осадков катастрофических подъемов уровней на 30-90 см выше исторических. Загрязнение русл, склонов, большое количество мостов и мостиков в совокупности со скоростью течения воды, которая достигала 4,5-5,0 м/с, обусловило значительную разрушительную силу потоков, образование искусственных препятствий и подпоров, вследствие чего состоялись разрушения коренных берегов, значительные плановые и высотные деформации русел.

Подъемы воды на большинстве рек составляли 0,6-1,2 м за 4 часа. На р. Латорице, возле р. Мукачево, ночью 5 ноября зафиксировано повышения уровня воды на 0,9 м за 1 час.

Поступление паводковых вод из горных водосборов, формирование высоких паводков на всех притоках р. Тисы вызвали дальнейшее повышение уровней воды в реках низменной территории бассейна Тисы (сравнительно с них по состоянию на конец октября), привели к разрушительной силе паводка на самой Тисе.

В нижней части Латорицы и Боржавы вследствие одновременного поступления паводковых вод с водосборов и междуречий, уровни воды превышали максимальные многолетние за период 1946-1997 гг. Они были на 4,5-8,9 м выше за минимальные меженные и содержались относительно длительное время через малые склоны рек.

То есть, на протяжении паводка уровни воды поднимались на горных участках большинства рек на 2-4 м; только на р. Уж подъемы не превышали 2-2,8 р.

На Тисе и нижней части ее приток превышения максимальных уровней воды над предпаводочными (за счет предыдущего паводка конца октября) достигало 3-6 м, а на участке возле Чопа – 7,5 р.

На малых реках и ручьях формировался значительный местный сток, что обусловило дополнительное затопление в населенных пунктах.

Паводок в ноябре 1998 р. на горных участках рек восточной части



Закарпатья был наивысшим за последние 53 года (1946-1998 гг.). При этом на верхних участках рек Тересве, Теремле, Реки, Боржаве, на Латорице (возле г. Мукачево) и отдельных участках Тисы он превышал паводки предыдущих 52 лет на 0,3-0,9 м, или приближался к ним.

За наблюдениями гидрологической сети достижения и превышение исторические максимумы зафиксированы в 17 створах. И только в бассейне р. Уж и на отдельных участках других рек максимальные уровни воды не достигли тех, что были зафиксированы раньше.

На Тисе (участок Хуст-Вилки) в результате прорыва защитной дамбы происходило снижение вероятных уровней воды почти на 0,9 м.

Характерной особенностью ноябрьского паводка есть его распространение по всей территории области. При этом значительным он был на большинстве рек, в то время как в предыдущие года паводки наблюдались преимущественно на отдельных притоках Тисы – в восточном или западном Закарпатье.

Ситуации подобной той, что сложилась в ноябре 1998 р., возникали осенью и в начале зимы 1947, 1957 и 1978 гг. Но, вследствие высокой водности, настоящий паводок превысил паводки названных выше лет [1-4].

Таким образом, выдающийся, разрушительный по своим результатам, ноябрьский паводок 1998 р. сформировался благодаря следующим гидрометеорологическим условиям:

- высокая предыдущая водности рек;
- доброе увлажнение и переувлажнение грунта;
- высокое стояние грунтовых вод;
- сильные, интенсивные и продолжительные осадки, чем обусловлены подъемы уровней воды в начале ноября;
- таяние снегов на высокогорьях вследствие потепления и дождей;
- стан хозяйственного освоения и использования региона.

Паводок 1998 года по масштабам стал второй после Чернобыля катастрофой в Украине. В зоне затопления оказалось 400 тысяч человек; разрушено и повреждено свыше 5,5 тысяч жилых домов, много километров дорог и других инженерных сооружений. Районам, которые размещены в бассейне венгерской части Тисы, причинены убытки, которые оцениваются в 1 млрд.

долларов США. Вода в Тисе, в районе венгерского города Солонок, поднялась на 16 метров и сооруженные венгерским правительством дамбы после наводнения 1970 года высотой 10-12 метров оказались несостоятельными выдержать воду [1-4].

Паводок 3-5 марта 2001 р. также относится к катастрофическим.

Количество осадков за 5 дней марта представляла от 2-х к 3-х месячных норм. Практически каждое 12 часов выпадало от 30 до 88 мм, что значительно превышает критерии стихийного бедствия. Это количество осадков близкое к периоду паводка ноября 1998 года, но в В. Бычку, Тячеве, Шаланках, Берег превысила его дважды и больше.

Значительные осадки обжили практически на всей территории бассейна Тисы. Особенно большое их количество наблюдалось в верховье Тисы и бассейнах ее самых больших приток: Тересвы, Теремле, Реки, Боржаве. Количество осадков в целом больше чем осадки, которые сформировали паводок в ноябре 1998 г. ( $1,8 \text{ км}^3$  против  $1,1 \text{ км}^3$ ).

На сдаче территории Закарпатье (бассейне рек Латорица и Уж) количество осадков за эти три дня марта 2001 р. была близкой к месячной норме – 50-100 мм.

Перед выпадением дождя высота снегового покрова представляла от 3 до 18 см, а в горах – 44 см.

Повышение температуры воздуха от небольших морозов до  $5-13^{\circ}\text{C}$  тепла в объединении с сильными дождями обусловило быстрое таяние снега как в горах, так и на равнине. Вода пошла на мерзлый грунт. По оценке специалистов-гидрологов паводок 3-5 марта 2001г. на 80% обусловлен дождевыми осадками, а на 20% таянием снега. Следует заметить, что самые большие расчетные расходы воды имеют смешанное происхождение.

Вспомогательным фактором сильных осадков стали также физико-географические особенности Закарпатья, тормозящее действие Карпат и образования волн на фронтальных разделах, которое задерживало перемещения фронтов над горами. Фактически образовался "мешок", который собрал влагу, которая шла из широких равнин юго-восток.

Все это в комплексе сформировало интенсивный местный и склоновый сток и привело к катастрофическому тало-дождевого паводку – второго за

последние 3 года.

Уровне воды на Верхней Тисе, Тересве и Теребле превысили уровне паводка 1998 г. на 20-75 см. На украинском и венгерском участках Тисы (Вилкок-Тисабеч-Тивадар) уровне воды на 30-40 см превысили уровни, что были во время ноябрьского паводка 1998 г. Этому содействовало также дополнительное наращение водозащитных дамб на венгерской территории, а также отсутствие прорыва дамб на украинской территории ( как это было в ноябре 1998 г. на участке Виноградов-Вилки). Изменились обстоятельства прохождения паводковой волны на Тисе после прорыва правобережной дамбы на участке Тарпа-Бодолов. Вследствие этого прекратилось повышение уровней воды в районе Вашарошнамень, где они стабилизировались на максимуме, близкому до 1998 р. Вследствие прорыва дамбы отток воды из Тисы на близлежащую к реке местность достигала близко  $80-90 \text{ м}^3/\text{с}$ . А общий объем воды, что поступил на нашу территорию (Береговский, Мукачевский, Ужгородский районы), составлял  $70-90 \text{ млн. м}^3$  [1-4].

Статистическая обработка максимальных расход и объемов стока паводков холодного периода проводилась для 39 водомерных постов, качество наблюдений за стоком на которые была целиком удовлетворительная. На подавляющем большинстве водпостов ряды наблюдений начинаются с 1946 года. Данные охватывают период до 1999 года включительно. Продолжительность рядов в подавляющем большинстве пунктов наблюдений превышает 30 лет. Самая большая продолжительность наблюдений имеет место на реках Тиса, Тересва, Река, Боржава, Латорица, Уж (более 50 лет).

Ряды наблюдений над стоком по некоторым водпостам, в разные года закрытым или переведенным в разряд уровневых, удлинялись до 1999 года включительно. Для этого строились графические связи между расходами и объемами ближайших водомерных постов, которые удовлетворяют требования бассейнов-аналогов. Кроме того, во многих случаях строились кривые расхода  $Q=f(H)$ , что позволило за максимальными уровнями. Начало и конец паводка определялись по гидрографам или по таблицам ежедневного стока, причем в качестве расчетных величин принимались объемы одиночных паводков, которые отвечают максимальным расходам.

Собранные исходные данные в виде гидрометрических рядов максимальных расходов и объемов стока весеннего наводнения и паводков смешанного происхождения положено в основу определения расчетных величин разной обеспеченности.

Эмпирическая ежегодная вероятность превышения определялась по формуле:

$$P_m = \frac{m}{n+1} \times 100\%,$$

где:

m - порядковый номер членов нисходящего ряда гидрологической характеристики;

n - количество членов ряда.

Эмпирическая кривая распределения ежегодных вероятностей превышения максимальных расход воды или объемов стока строилась на вероятностях. Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых принималось логарифмически-нормальное распределение.

Оценку статистических параметров аналитических кривых обеспеченности выполнено графоаналитическим методом, для чего использованы следующие формулы:

$$S = \frac{Q_{5\%} + Q_{95\%} - 2Q_{50\%}}{Q_{5\%} - Q_{95\%}},$$

$$\sigma = \frac{Q_{5\%} - Q_{95\%}}{\Phi_{5\%} - \Phi_{95\%}},$$

$$\bar{Q} = Q_{50\%} - \Phi_{50\%} \sigma,$$

$$C_v = \frac{\sigma}{Q},$$

где: S - коэффициент скошенности кривой обеспеченности;  $C_s$ - коэффициент

асимметрии (определяется как функция коэффициента скошенности по таблице);  $Q_{5\%}$ ,  $Q_{50\%}$ ,  $Q_{95\%}$  - ординаты сглаживания эмпирической кривой 5, 50 и 95% обеспеченности;  $\Phi_{5\%}$ ,  $\Phi_{50\%}$ ,  $\Phi_{95\%}$  - нормированные отклонения от среднего значения ординат логарифмически-нормальной кривой обеспеченности согласно вычисленным значениям коэффициенту скошенности  $S$ ;  $\sigma$  - среднее квадратичное отклонение;  $\bar{Q}$  - среднее значение;  $C_v$  - коэффициент вариации.

Расчетная величина максимальной расходу или объема стока разной обеспеченности определена за формулой:

$$Q_p = \bar{Q} + \sigma \Phi_p$$

В таблице 4.1 приведены параметры кривых распределения максимальных расход воды холодного периода и величины расход разной обеспеченности, а в таблице 4.2 параметры кривых распределения объемов стока паводков холодного периода и величины объемов разной обеспеченности в створах опорных водомерных постов.

Анализ таблиц 4.1-4.2 показывает, что параметры ( $C_v$  и  $C_s$ ) кривых распределения максимальных расход и объемов стока паводков холодного периода меняются в значительных границах. Коэффициенты вариации максимальных расход колеблются от 0,43 до 1,15, а соотношение  $C_s$  и  $C_v$  в подавляющем большинстве случаев меняется от 4 до 6. Значение  $C_v$  объемов стока более стали и колеблются от 0,41 до 0,72, а соотношение  $C_v$  и  $C_s$  чаще всего меняется от 2 до 4 [1-4].

#### **2.4.2 Паводки теплового периода**

Как указано выше, за географическим положением и климатическими условиями Закарпатья размещено в зоне развитой ливневой деятельности. Здесь ежегодно в той или другой части территории наблюдается одноразовое кратковременное выпадение большого количества осадков (100 мм и больше), что является причиной формирования значительных, часто катастрофических дождевых паводков на реках, временных водотоках и на более мелкой географической сети (балки, овраги).

Формирование дождевого стока происходит довольно сложно в результате взаимодействия метеорологических факторов, которые значительно меняются во

времени и по территории и обуславливают характер ливня (интенсивность, продолжительность, площадь орошения), и грунтово- физических характеристик поверхности речных водосборов, которые определяют величину потерь на инфильтрацию, скорость и время добегания воды по склонам и руслу.

Наиболее благоприятные условия формирования дождевых паводков в Закарпатье является результатом выпадающих здесь густых осадков и благоприятных орографических условий.

Ливневые осадки, как основной фактор формирования дождевых паводков, распределяются очень неравномерно и существенным образом отличаются от распределения годовых сумм осадков, которые имеют зональный характер и уменьшаются в южном и юго-восточном направлении.

Большая часть дождевых осадков выпадает летом (особенно в июне и июле) и за теплый период года сумма их представляет возле 70% от годового. За наблюдениями Закарпатской стоковой станции (пгт. Межгорье), осадки позднего периода (май-октябрь) дают приблизительно 60% годовой суммы, в отдельные года составляют 46-73%.

Дожди в пожилой период проходят часто; из мая по октябрь в среднем наблюдаются 84 дня с дождем, то есть повторяемость их один раз в два дня. В 40% случаев дожди незначительные, с пластом осадков меньше 1 мм; с пластом больше 5 мм – 35%, больше 10 мм – до 20%, больше 20 мм – до 5%, больше 40 мм – всего 1,3% общего количества дождей. Хотя количество дождей за пластом осадков больше 20 мм незначительная, но часто основная масса осадков выпадает за счет отдельных интенсивных ливней и дождей с пластом осадков 20 мм и больше [1-4].

Эффективные дожди, которые формируют большой поверхностный сток, выпадают в Закарпатье до 23 раз на год. При этом на горных склонах Карпат с особой силой проявляются эрозионные процессы: смывается грунтовой покров, оголяется корневая система растительности и потом при ветрах происходят губительные лесные буреломы, что является стихийным бедствием для хозяйства и местного населения.

Величина интенсивности и продолжительности выпадения ливневых осадков, которые есть одним из главных факторов формирования дождевых

паводков меняется в значительных границах.

Характерным для всей территории есть очень резкие колебания интенсивности дождей за короткие отрезки времени. Максимальная интенсивность ливня (8, 5 мм/мин) зарегистрированная в Карпатах.

Для гидрологических расчетов и прогнозов дождевого стока очень важно знать продолжительность выпадения ливневой части дождя, который есть одним из решающих факторов формирования паводков. Ливня продолжительностью до 2-3 часов и максимальной интенсивностью до 20-30 мм/ч имеют место по всей территории. Широко распространенные в Закарпатье ливневые дожди продолжительностью до 3 часов и больше, но с перерывами. Участки орошения при таких дождях доходят до десятков тысяч квадратных километров.

Участки орошения отдельными сливами значительно меньшие и составляют сотне, реже к тысяче квадратных километров. Кроме обычных серийных ливней и интенсивных дождей, для Закарпатья характерные сливы, которые чередуются с продолжительными осадными дождями и орошают значительные участки. Ниже представлено короткое описание выдающихся паводков теплого периода на Закарпатье.

Сильные сливы наблюдались 7-10 июня 1969 р., когда количество осадков местами превысила месячную норму. В целом за июнь в верховьях Тисы выпало от 250 до 400 мм осадков (больше трех месячных норм). На реках сформировались катастрофические паводки. Было затоплено большое количество населенных пунктов, животноводческих ферм, сельхозугодий, поврежденные железные и шоссейные дороги, мосты, нефтепромыслы, высоковольтные линии электропередач и подстанций, газопроводы, линии связи, транспортные средства и др. Общий убыток составлял несколько миллионов долларов.

Выдающиеся дождевые паводки в бассейне Тисы прошли 12-18 мая 1970 р. Они сформировались вследствие выпадения интенсивных дождей, количество которых в два-три раза превысила месячную норму и составила 150-200 мм, а по метеостанции Селятин даже 378 мм. Особенно густыми были дожди с 12 до 14 мая. Суточная сумма осадков 13 мая представляла: в Деловом – 134 мм, Хусте – 131 мм, Лопушной – 83 мм. В то же время значительные дожди прошли на

водозаборах левобережных притоках Тисы – Вишеу, Иза, Тур, Самош и др., что протекают по территории Румынии и Венгрии. Максимум осадков достигал 115 мм. Осадки вызвали значительный подъем уровней воды: на Тисе – на 1-6 м, Боржаве – 0,9-4,4 м, Реке – 0,6-1,2 р. На основной артерии – Тисе сформировался исторический паводок с максимальными уровнями и расходами воды.

Интенсивный подъем уровня воды начался через несколько часов после выпадения дождя, интенсивность которого составляла 10-20 мм/ч, а максимальная достигла 93 мм/ч (р. Тиса – р. Тячев). Именно Тячевский район понес наибольший урон. Уровень воды здесь достиг отметки 648 см над условным нулем графика. Вода прорвала защитную дамбу на значительном протяжении и затопила город.

Очень высокие уровни воды зафиксированы на водпостах Вилки (14 мая) и Чоп (18 мая) на р. Тиса. Здесь в формировании паводка принимали участие воды левобережных приток Тисы-Самоша, Красной и Туры [1-4].

В значительной мере пострадали населенные пункты Хустского и Раховского районов.

Всего майским паводком 1970 р. были затоплены и погибли посевы на площади 12,8 тыс.га. Во время паводка было эвакуировано более 5000 людей.

Июльский паводок 1980 р. сформировался значительными осадками и проходил двумя волнами. Количество осадков за паводок 21-27 июля составили 49-261 мм. Подъем уровней воды на Тисе достиг 1,3-5,4 м, на ее притоках до 6 м. Паводок сформировался в условиях существенного предыдущего увлажнения поверхности водосбора. На фоне высокой водности рек бассейна Тисы на 5 водомерных постах зарегистрировано превышения исторических максимумов.

Статистическая обработка максимальных расходов и объемов паводков теплого периода проводилась для 39 водомерных постов. В большинстве случаев ряды наблюдений начинаются с 1946-1947 лет и охватывают период до 1999 р. включительно. Ряды наблюдений имеют разную продолжительность – от 24 до 72 лет, но в подавляющем большинстве пунктов наблюдений преобладают 30 лет [1-4].

Ряды наблюдений над стоком по некоторых водпостах, в разные годы закрытых или переведенных в разряд уровневых, удлинялись до 1999 р. включительно за построенными графиками связи между расходами и объемами



ближайших водомерных постов, которые удовлетворяют требованиям бассейнов-аналогов.

Начало и конец паводку определялись по гидрографам или по таблицам ежедневного стока. За расчетные величины принимались объемы одиночных паводков, которые отвечают максимальным расходам.

Статистическая обработка рядов, определение расчетных параметров аналитических кривых и величин максимальных расход воды и объемов стока паводков теплого периода разной обеспеченности выполнены аналогично максимальным расходам и объемам стока паводков холодного периода.

В таблице 4.3 приведены параметры кривых распределения максимальных расход воды теплого периода и величины расход разной обеспеченности, а в таблице 4.4 - параметры кривых распределения объемов стока паводков теплого периода и величины объемов разной обеспеченности в створах опорных водомерных постов.

Анализ таблиц 4.3-4.4 показывает, что коэффициент вариации максимальных расход и объемов стока паводков теплого периода колеблется в значительных границах – от 0,46 до 1,40. Соотношение  $CS$  и  $CV$  максимальных расход в большинстве случаев меняется от 4 до 6, а объемов – от 3 до 5 [1-4].

#### **2.4.3 Расчеты паводка**

В связи с тем, что на реках бассейна Тисы максимальные расходы воды наблюдаются в разные сезоны года, формируются за счет стока разного происхождения и не связаны между собой, определялись расчетам максимальные расходы воды и объемы стока паводков разной обеспеченности.

Для этого на основании кривых распределения максимальных расход и объемов стока холодного и теплого периодов рассчитывались обобщенные кривые распределения за такой формулой:

$$P = (P_1 + P_2 - P_1 P_2) \cdot 100,$$

где

$P$  – вероятность превышения расчетных (обобщенных) максимальных расходов или объемов стока, %;

$P_1$  – вероятность превышения максимальных расходов или объемов стока паводков холодного периода, %;

$P_2$  - вероятность превышения максимальных расходов или объемов стока паводков теплого периода, %.

В таблице 4.5 приведены расчеты (обобщенные) максимальных расходов воды, а в таблице 4.6 - расчеты (обобщенные) объемов стока паводков разной обеспеченности в створах опорных водомерных постов.

Величины максимального стока в бассейне Тисы, о чем свидетельствуют данные таблиц 4.5-4.6 колеблются в значительных границах. Наиболее высокие модули и пласты стока наблюдаются в бассейнах рек Тересвы, Теремле, Реке и Латорице. Низкие их значения, вследствие орографических особенностей и характера орошения осадками, что характерно рекам бассейна Боржавы и Ужа, и в значительной мере сказывается на высоте воды на водосборе.

Приведенные выше характеристики максимального стока в створах водпостов использованы как основа при определении максимальных расходов и объемов паводков в расчетных створах при отсутствии там гидрометрических наблюдений.

Анализ информации по водпостам приводит к таким выводам:

- самые большие расходы воды в холодный период года формируются прежде всего за счет дождевой составляющей, а снеговая составляющая не превышает 20% объема, то есть максимальные расходы воды и в этот период предопределяются именно паводками, поэтому подпадают под действие практически тех самых законов, которые присущие паводкам теплого периода, хотя и за несколько других условий их формирования;

- величины максимальных расходов воды холодного периода могут кое-что превышать максимумы теплого периода, но для малых площадей водосборов они однозначно меньше за теплые.

Указанные выводы дают возможность избрать соответствующие методы определения характеристик максимального стока в расчетных створах, согласованные с действующими нормативами и пригодные для массовых расчетов на стадии схемы.

Учитывая насыщенность территории стоковыми водпостами в диапазоне

водосборов от 25 до 10000 км<sup>2</sup>, становится возможным применение наиболее надежного метода аналогии за такой редукционной формулой:

$$Q_{P\%} = q_{1\%} \left( \frac{A_a}{A} \right) \lambda_{P\%}^n A,$$

где  $Q_{P\%}$  - максимальная расхода воды расчетной обеспеченности, м<sup>3</sup>/с;  $q_{1\%}$  - модуль максимальной расходы 1% обеспеченности, м<sup>3</sup>/с.км<sup>2</sup>;

$A_a$  - площадь водосбора реки-аналога, км<sup>2</sup>;  $A$  - площадь водосбора в расчетном створе, км<sup>2</sup>;

$\lambda_{P\%}$  - коэффициент перехода от максимальной расходы 1% обеспеченности, к расходам других обеспеченностей;

$n$  - коэффициент редукции модуля максимальной расходы в зависимости от площади водосбора.

Очевидным есть то, что основным инструментом указанной формулы есть именно коэффициент редукции  $n$ .

Принимая во внимание существенное увеличение (на 20-50%) модулей максимального расхода рек Закарпатья после учета выдающихся паводков 1998 и 2001 гг. выдается необходимым и целесообразным определиться как с величиной коэффициента редукции  $n$ , так и с областью применения редукционной формулы.

С этой целью были исследованные зависимости  $Q_{1\%}=f(A)$  в логарифмических координатах.

Исследование показало:

- форма зависимости практически одинакова для паводков холодного и теплого периодов, а также обобщенных максимумов;
- зависимость резко меняется в районе 60-100 км<sup>2</sup>, определяя именно здесь верхний лимит применения редукционной формулы;
- коэффициент редукции от указанного лимита и у пик больших площадей есть практически одинаковым для паводков разного происхождения, а также обобщенных величин, и колеблется в диапазоне 5-6% и близкому к  $n = 0,40$ .

Таким образом, область применения и основной инструмент редукционной формулы имеют свое подтверждение, а именно формула – право на применение по всей территории Закарпатья в определенном диапазоне.

Очевидным есть то, что в диапазоне площадей водосборов, меньших за 60-100 км<sup>2</sup>, лучше применять формулы типа предельной интенсивности стока, но значительные изменения в представлениях о величинах максимальных расходов воды, пласта максимального стока, максимальных осадков и их редукции во времени обуславливают необходимость проверок и соответственно корректирование основных параметров формулы предельной интенсивности, приведенных в действующих нормативах.

Поскольку такая большая работа не могла быть выполнена в короткие сроки, отведенные для составления схемы, было использовано непосредственно графическую зависимость модулей максимальных расходов воды от площадей водосборов, меньших за 100км<sup>2</sup>, что является практически уникальной возможностью для такого диапазона площадей и гарантией от существенных ошибок. Кроме того, для малых водосборов, высота которых не превышает 150-500 м над уровнем моря, применен понижающий коэффициент 0,815, что отображает различие в редукции осадков на Закарпатской низменности и в горах согласно действующему нормативу.

Таким способом была полученная возможность определения максимальных расходов воды очень малых рек. Приведенные выше формулы расчетов касаются определения обобщенных максимальных расход воды обеспеченностью Р=1%. Переход к другим обеспеченностям осуществлялся за фактическими соотношениями соответствующего расхода воды ближайшей реки-аналога. Расходы воды холодного и теплого периодов также определялись фактическими соотношениями с обобщенными расходами реки-аналога.

Для удобства интерполяционных расчетов максимального расхода воды по длине основных рек построены графики максимальных расходов воды холодного и теплого периодов, а также обобщенных максимальных расходов воды разной обеспеченности от площади водосбора. Они приведены в приложении.

Объемы стока паводков в расчетных створах определены по аналогии с ближайшими водпостами. Максимальные расходы воды и объемы паводков в расчетных створах приведены в таблицах 4.7-4.12.

Физико-географическими особенностями гор обусловленные гидрографические и гидрологические характеристики рек региона. Хорошо

развитая гидрографическая сетка региона, которая и содействует формированию значительного по величине стока дождевых и смешанных паводков. Река Боржава имеет 16 приток длиной свыше 10 км. Эти притоки образуют гидрографическую сетку с густотой речной сети  $0,26 \text{ км/км}^2$ , что наименьшая в бассейне р. Тисы. В горной и предгорной частях долины река Боржава слабоизвилистая, выше с. Имстичево V-образная, шириной по дну от 40 м до 900 м. Глубокими долинами сильно расчлененные ее склоны. В долине пойма двусторонняя, выше с. Плотина шириной от 30 м до 500 м, к селам Дубровка и Верхние Реметы расширяется до 1,65-2 км, а ниже с. Верхние Реметы – до 3 км. Русло извилистое, разветвленное, через 0,5-2,0 км встречаются острова.

В предгорной части и в долине ширина русла реки составляет 30-50 м. Пригорловый участок р. Боржавы находится в подпоре от р. Тисы. Берега высотой 1-3 м, на пригорловом участке до 8 м, во многих местах берега укреплены [15, 16]. На равнине ежегодные паводки покрывали территорию толстыми пластами насыпных материалов, которые препятствовали возникновению гумусового пласта. В периоды между паводками на поверхности грунта сформировался растительный покров, которому не мешали затопления. В результате влажных условий формирования характерными стали луга, болотистые территории и болотистый лес. На более высоких местах образовались леса. Влияние эрозийных процессов проявляется в линейной и плоскостной эрозии, которая приводит к смыву до 10 т плодородного пласта грунта с одного гектара в год.

Регион принадлежит согласно грунтово-эрозийного районирования территории Украины к сильноэродированного района Карпат и слабоэродированного района Закарпатья. В пределах территории, что рассматривается, эродированных 30-50% пахотных земель, степень проявления водной эрозии  $< 1,0$ . Структура грунтового покрова низменной части бассейна р. Боржавы и региона Берег обусловлена опадонакапливанием, переувлажнением и хозяйственной деятельностью.

Естественная растительность бассейна р. Боржавы занимает близко 50% территории, из которой возле 46% занимают леса, 22,3% - луки, 31,7% другие типы растительности. В системе геоботанического районирования Украины бассейн р. Боржавы и регион Берег находятся в пределах Европейской

широколиственной лесной области. В речных долинах и вокруг населенных пунктов большие площади лесных земель трансформированы у луки и пахотные земли [15, 16]. Равнинная территория бассейна р. Боржавы покрыта пахотными землями, пастбищами, лугами и лесами, это местность образована в результате оседания земли молодого периода. Полукультурные и естественные растения еще и сегодня покрывают большую площадь. Когда-то это была местность покрытая лесами с большим количеством малых рек, озер, которые в результате заиления превратились в мертвые русла, создали мочары и болота. В результате строительства Береговской осушительной системы лесные площади сократились, мочары и болота ликвидировали, однако их остатки отображают бывшее разнообразие и сохранили растительный мир богатый горными и бореальными видами.

Низменности и флора болот принадлежат к растительности региона Северного Альфельду. В мелком муле берегов рек растут карликовые камыши. На песке русла после кратковременного перемешивания сосняков на участках, которые постоянно покрыты водой, появляются кусты вербы. Вербовые кусты могут превращаться в вербово-тополевые рощи. Среди групп растений преобладают элементы и группы растений европейской флоры. Наиболее популярной группой деревьев является ясеновый берестянок, стебельчатый дуб в сопровождении с полевой берестой, венгерским ясенем, местами часто встречается серый тополь. На более отдаленный от реки участках и бессточных местах образуются ясенево-берестовые рощи.

Через антропогенное влияние в процессе преобразования естественное растительное покрытие и связанные с ним много факторов окружающей среды, еще не достигли стадии бесповоротности, поэтому при хозяйственном использовании рациональные намерения относительно восстановления естественной лесной и болотной растительности могут быть полезными.

В последние годы на р. Боржаве прошли несколько паводков (1998, 2001), и ни один из них не достиг рекордной величины половодной волны, которую наблюдали в 1957 году. Средние расходы воды паводка 1% обеспеченности могут быть близко 1500-1550 м<sup>3</sup>. Средние объемы паводкового стока составляют 60-80 млн.м<sup>3</sup>, средние объемы паводка 1% обеспеченности 200-230 млн.м<sup>3</sup> /с.

Притоки транспортируют воды с расходами в  $250-430 \text{ м}^3 / \text{с}$ . Расходы воды самой большой притока р. Иршавка составляют  $430 \text{ м}^3 / \text{с}$ , а паводковые объемы 58 млн.  $\text{м}^3$ .

За исток реки Боржава, которая является правым притоком первого порядка р. Тиса, принят источник на склоне горы Большой Верх, что является вершиной горные долины р. Боржаве с отметкой земной поверхности 1575,0 м абс. Длина реки составляет 112 км. Отметка устья – 107,00 м, падение – 1468,0 м, средний склон - 1,3%. Половодная волна, сформированная на р. Боржава, имеет значительное влияние на р. Тиса. При определенных синоптических ситуациях, когда паводковая волна Боржавы и Тисы совпадают, то расходы воды р. Боржавы могут достичь 25-30% расход р.Тисы. Такая ситуация была в ноябре 1998 года, вследствие чего в створе возле с. Тиводар были отмечены уровни, намного выше от максимально исторических [15, 16].

Площадь водосбора р. Боржавы  $1450,0 \text{ км}^2$ , норма годового стока реки 807 млн.  $\text{м}^3$ . На две геоморфологических области разделяется бассейн р. Боржавы. Верхняя размещенная на южных склонах Полонинского хребта и хребта Верхний дол, нижняя - в северо-восточной части Большой Средне-Дунайской низменности, которая называется Закарпатской или Притисянской.

По данным ВАТ «Укрводпроекта» объемы стока поздних паводков: 1% обеспеченности – 230 млн.  $\text{м}^3$ ; 50% обеспеченности – 64 млн.  $\text{м}^3$ ; 10% обеспеченности – 133 млн.  $\text{м}^3$ .

Объемы стока осенних и весенне-зимних паводков: 10% обеспеченности – 141 млн.  $\text{м}^3$ ; 50% обеспеченности – 82 млн.  $\text{м}^3$ ; 1% обеспеченности – 208 млн.  $\text{м}^3$ .

Территория исследования размещена среди горных и равнинных ландшафтов. Горные ландшафты относятся к верхней и предгорной части бассейна р. Боржавы. Равнинные ландшафты характерны для нижней части бассейна р. Боржавы (Чоп-Мукачевская низменность и Иршавская котловина). Собственный сток зарегулирован на 0,2% пятью прудами и водохранилищами с суммарным объемом  $2,98 \text{ млн. м}^3$ . В данное время в бассейне р. Боржаве действуют 3 водпоста в селах Боржава, Шаланки и р. Иршава. По данным материалов австрийской, венгерской и чехословацкой гидрографических служб

известно, что водомерные станции и посты в бассейне р. Тисы, в том числе на р. Боржаве были открыты в середине XIX и начала XX столетия. Так, в нижнем течении правого притока р. Тисы - на р. Боржаве в г. Мукачево в 1880 году был открыт водомерный пост [15, 16].



### РАЗДЕЛ 3

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА ВОДЫ НА ВОДОСБОРАХ БАСЕЙНА Р. ТИСЫ

### 3.1. Инженерно-геологические условия формирования стока

Строение бассейна р. Тисы с точки зрения геологии обусловлена положением его в двух геоструктурах: Складчатой области Карпат и Закарпатском внутреннем прогибе. Складчатая (Флицевая) область Карпат характеризуется развитием сложнодислоцированного мело-палеогенового терригенно-карбонатного флища, собранного в складки. Закарпатский прогиб наполнен слабо дислоцированными, мелассами неогена, перекрытыми из поверхности четвертичными аллювиальными отложениями. Вдоль Складчатых Карпат проходит Вигорлат-Гутинское вулканическое пасмо, построена излияниями лав четвертичного и плиоценового времени.

Инженерно-геологические условия Закарпатского внутреннего прогиба обусловлены равнинным слабо расчлененным рельефом с развитием мощных песчано-глинистых аллювиальных и моласовых отложений неоген-четвертичного возраста. Здесь развиты сдвижные и селевые процессы, связанные с глинистыми отложениями неогена по долинам рек Тиса, Латорица, Тересва. Выделение инженерно-геологических «областей» грунтуется на общности геоморфологических условий, тектонического и геологического строения, которое дает возможность при их выделении учитывать основные закономерности строения и развития рельефа и его роль в активизации геологических процессов и явлений.

В пределах «региона» выделяются такие инженерно-геологические «области»: Водораздельная, Полонинская, Мармароская, Водораздельная. Последняя представленная юго-западным склоном Главного Карпатского водораздела, составленного породами флицевых формаций. Широкое развитие переувлажнения тонко ритмического флища приводит к интенсивному развитию

сдвигов и эрозионных процессов. В связи с высотной ярусностью рельефа в верхнем ярусе развиты процессы солифляции, нивации, дефляции.

Полонинская «область» в рельефе представленная цепью высотных горных массивов (горных долин). В геологическом строении «области» принимают участие песчано-глинистый и песчаный флици. Наличие в флице тонких глинистых прослоек предопределяет образование большого количества крупнообломочного материала, который скапливается на склонах в неустойчивом состоянии и приводит к образованию селей, обвалов и осыпей, иногда сдвигов [1, 15, 16]. Мармароская «область» представлена сложно дислоцированными флицевыми толщами, в основе которых залегают метаморфизированные породы протерозой-палеозойского возраста, перекрытые маломощным чехлом триас-юрских отложений. Наличие стойких к выветриванию пород обусловила развитие крутых ственных форм рельефа, для которых характерными есть обвалы, осыпи, сели. Ситуация усложняется вырубыванием леса в верховьях рек. На некоторых участках образуются сдвиги.

В пределах «региона» Закарпатский внутренний прогиб выделяют такие инженерно-геологические «области»: Вигорлат-Гутинская, Солотвинская, Вишковская, Мукачевская [8]. Вигорлат-Гутинская «область» в рельефе представляет собой горное пасмо, составленное вулканическими породами. В процессе выветривания образовывается большое количество глинистого материала, который предопределяет развитие эрозионных и сдвижных течений, которые, в свою очередь, приводят к деградации грунтового покрова. В связи с тем, что почти все юго-западные склоны Вигорлат-Гутинского пасма заняты сельхозугодиями, деградация грунтов приобретает здесь катастрофический характер. Сдвиги развиваются в глинистых и суглинистых отложениях, которые перекрывают вулканогены и не имеют большой мощности (чаще 3-5 м). Солотвинская «область» в рельефе представляет собой котловину, наполненную песчано-глинистым материалом, северный склон которой представлен горбогорьем. Наиболее характерной особенностью «области» есть распространение соленосных глин и каменной соли, соляно-купольной тектоники. Выходы соляных куполов на дневную поверхность сопровождаются карстовыми процессами. Наличие глин и суглинков предопределяет широкое развитие

сдвигов и эрозионных процессов. Вишовская «область» представленная горбогорьем, где ядра горбов представляют собой интрузии, которые пронизывают молассовые толщи. На некоторых участках интрузии выходят на дневную поверхность. Здесь развит обвально-осыпной процесс. Возле подножия горбов наблюдаются сдвиги. Вигорлат-Гутинская область представлена Закарпатской низменностью и Береговско-Виноградовским горбогорьем. Полого наклоненная Закарпатская низина характеризуется широким развитием четвертичных аллювиальных отложений (глины, суглинки, пески, песчано-гравийные и гравийно-галечные породы) мощностью до 100 м и больше, близким к поверхности залеганием грунтовых вод, что привело к подтоплению и заболачиванию значительных площадей. На пологих широких склонах низины развито мелкоструенное размывание и площадное смывание. Берегово-Виноградовское горбогорье имеет вулканогенное происхождение. Вулканогены перекрыты толщей глинистого материала. Интенсивное сельскохозяйственное освоение территории привело к быстрой деградации грунтов, развития промоин и ярил [1, 15, 16].

### **3.2. Геологические процессы**

Сдвиги, эрозия, карст, обвалы, осыпи, солифлюкция, заболачивание – это одни из наиболее распространенных геологических процессов и явлений территории бассейна р. Тисы. Сдвижные и эрозионные процессы здесь носят катастрофический характер. Площинными, овражными и речными типами представлены эрозионные процессы. На интенсивность их развития влияют геологическое строение, климатическое и гидрологическое условия, рельеф местности, растительный покров, хозяйственная деятельность. Площинная эрозия более всего распространена на южных склонах Вигорлат-Гутинской гряды, в Солотвинской впадине. В течение последних лет этот процесс охватил значительные площади в горной части бассейна, где идет интенсивное хозяйственное освоение территорий. Если в естественных условиях темп эрозионного процесса на горных долинах был 0,001-0,005 мм/год, то вследствие перепасания скота и пахоты склонов снижения поверхности на отдельных

участках достигает 5-7 см/год [194]. Для борьбы с негативными последствиями эрозионных процессов выполняют комплекс мер, таких как лесомелиоративные работы, строительство вододерживающих и водорегулирующих сооружений (нагорные каналы, валы), соблюдаться правила землепользования и агротехники. Донная эрозия проявляется в размывании и разрушении русл и коренных берегов, перенесении рыхлого материала с потоком. Наиболее распространена в верховьях рек, где долины имеют каньено-подобный характер со значительными наклонами поверхности. Мощность рыхлых отложений здесь небольшая, поэтому река размывает и коренные отложения. В русле рек преобладает крупнообломочный валунно-бриллистый материал. В среднем и нижнем участках рек начинает преобладать боковая эрозия. В периоды паводков быстрое течение рек интенсивно размывает поверхность пойменных террас, подмывает и сдвигаются берега, которая вызывает уничтожение пастбищ, сенокосов, посевов. Осуществляет разрушение путей, мостов и берегоукрепительных сооружений. На Закарпатье наиболее поражены боковой эрозией нижнее течение Ужа и Турьи, среднее течение Латорицы, Реки; верхнее – Теремлю, Шопурку, Косовку, Черной Тисы. В долине самой Тисы участки развития боковой эрозии случаются по всей длине реки, но наиболее динамической за аккумуляцией аллювию и береговой эрозией является участок от Рахова до Хуста. В период паводков из больших правобережных притоков (Река, Тересва, Теремля, Шопурка и других) в долину Тисы попадает большое количество рыхлого материала [1, 15, 16].

Сейчас на территории бассейна р. Тисы насчитывается свыше 1600 сдвигов. Возникновение молодых и активизация большинства старых сдвигов связана с техногенным влиянием на геологическую среду. Развитие и активизация силовых гравитационных процессов во многих случаях является следствием сейсмичности территории. Появление некоторых сдвигов и обвалов наблюдается непосредственно во время землетрясений, или спустя некоторое время. Поэтому сейсмичность территории предъявляет особые требования относительно проектирования гидротехнических сооружений, особенно плотин водохранилищ. В пределах зон высокой пораженности сдвигами предусмотрены противопаводочные емкости. На стадии технико-экономического обоснования противопаводочных емкостей нужно проводить дополнительные полевые

комплексные исследования. От геоструктурного положения литологии коренных пород, мощности, степени обветривания и увлажнения элювиально-колловиальных, четвертичных отложений, сейсмичности территории, технологии строительства гидротехнических сооружений и зависит опасность образования сдвигов при строительстве плотин и емкостей. Строительные работы должны выполняться поэтапно на небольших участках с минимальным отрезанием склонов и вырубыванием леса, с углублением котлованов непосредственно перед началом основных работ, со строительством склоноудерживающих сооружений [1, 15, 16].

### **3.3. Геоморфологические условия**

Региональный рельеф тесно связан со структурно-тектоническими особенностями района. Повышенные формы горного рельефа отвечают складчатости Карпат, сниженные участки – аккумулятивности равнины – Закарпатскому внутреннему прогибу. Территория региона размещается в пределах двух больших геоморфологических областей.

В пределах области эрозийно-денудационного среднегорного рельефа выделяются три геоморфологических района:

- эрозо-денудационного низкогорно-бугорчатого рельефа Межгорной депрессии;
- структурно-эрозионного среднегорного рельефа Скибовой зоны;
- эрозо-денудационного среднегорного рельефа Полонинской зоны.

Эта область Карпат составляет с системы хребтов, сориентированных из северо-запада на юго-восток и разделенных поперечными речными долинами. Район эрозионно-денудационного низкогорно-бугорчатого рельефа Межгорной депрессии протягивается от верховьев г. Сан к верховьям р. Боржавы и представляет собой котловину. Широкое развитие сравнительно мягких пород обусловило распространение давних продольных долин, некоторые из них имеют эрозионные и эрозо-аккумулятивные террасы. Для района характерным есть развитие сдвигов в очень увлажненных четвертичных отложениях.

В районе структурно-эрозионного среднегорного рельефа Скибовой зоны основные черты морфологии определяются характером геоструктурного строения

территории, а именно преобладающим развитием больших тектонических лусок или ломтей, составленных разными породами флищевых формаций. Тектонические трески расчленены на параллельные хребты субсеквентными долинами. С выходом крепких пород связано образование перепадов, порогов, водосбросов, мягких пород (минилитовых сланцев) – расширенные участки долин и небольшие межгорные котловины. Для района характерным есть развитие обвальнo-сдвижных и эрозионных процессов.

Эрозо-денудационного среднегорного рельефа Полонинской зоны район эрозо-денудационного рельефа Полонинской зоны представляет собой средневысокое горное образование с остатками денудационных уровней, прорезанных поперечной долиной р. Боржавы. Общее строение района есть трехступенчатой. Каждая ступень – денудационный уровень, отделенный от низшего более или менее четким морфологическим уровнем, который сформировался вследствие усиленной эрозионной деятельности, вызванной положительными движениями горных сооружений. В пределах Полонинского хребта расположены наиболее высокие участки (Гора Стой – 1677 м). Территория Полонинской зоны характеризуется дифференциацией экзогенных процессов. В нижнем ярусе на склонах речных долин наблюдается интенсивное развитие сдвигов, в среднем (лесная зона) – процессов выветривания и аккумуляции эллювиально-коллювиальных отложений, в верхнем – процессов движения чехла рыхлых отложений, а также площадной эрозии. На безлесных участках интенсивно развиваются процессы линейной эрозии, селеобразования и осыпи [1, 15, 16].

Область полигенного рельефа Закарпатского прогиба представлена пологой наклоненной низиной на севере, отделенной от горных Карпат Вигорлат-Гутинского вулканического паса и Завигорлатской продольной котловиной. В пределах этой области выделяются три геоморфологических района. Завигорлатской продольной котловины характеризуется развитием давнего эрозионного уровня (400-480 м), который размещен ниже подошвы эффузивов северного края паса. Рельеф имеет мягкие пологие формы и определяется развитием эрозионных и сдвижных процессов.

Образование Вигорлат-Гутинского вулканического паса обусловлено, с одной стороны, многократным излиянием лавы, с другого – удлиненным

периодом денудации эффузивных образований. Во многих местах пасмо прорезано речными долинами (р. Боржава). В некоторых местах наблюдаются реликтовые формы вулканической деятельности в виде конусов и кальдер. Наличие глинистых и суглинковых отложений привело к интенсивному развитию эрозионных процессов и неглубоких сдвигов.

Закарпатской низменной аккумулятивной равнины представляет собой Мукачевскую поднятую равнину, расчлененную долинами рек и большим количеством мелиоративных каналов. Низкие террасы рек хорошо выражены в рельефе. Формы мягкие, склоны прямые, крутизна 5-7°. Район аккумулятивного равнинного рельефа Закарпатской низменности занимает южную часть бассейна р. Боржавы. На севере он граничит с Вигорлат-Гутинского пасма, на юге сливается с Панонской низменностью. Морфологически этот подрайон представляет собой сниженную равнину с абсолютными отметками 105-120 м, которая переходит в надпойменные террасы реки Боржавы. Долины рек неравномерно врезаются в поверхность равнины. Глубина вреза меняется от 2 до 6 м. Русла рек очень меандрируют. Наблюдаются горбковатые участки давнего рельефа, которые связаны с системой похороненных эффузивов. Монотонность низменности до некоторой степени меняются высохшими руслами рек. Их можно встретить везде, поскольку они постоянно меняли направление течения. Эти русла находятся в разных стадиях наполненности. Среди них есть такие, в которых много воды, другие можно заметить лишь весной, после того, как снег растаял и у них собирается вода [1, 15, 16].

Развитие мощной толщи четвертичных отложений (глин, суглинков, песков), близкое залегание к поверхности грунтовых вод, равнинный характер рельефа определяют широкое развитие в районе процессов заболачивания и подтопления. На склонах высоких террас развиты сдвиги и площадные смывания. По густоте горизонтального расчленения рельеф горной части бассейна р. Боржавы принадлежит к значительно расчлененному, по глубине вертикального расчленения к средне- и глубокорасчлененному (250-500 м, реже 1000 м), а по крутизне земной поверхности к гористому и горному (7-24° и больше 24°). Физико-геологические явления на склонах проявляются в плоскостной и линейной эрозии, в пойме сводятся к боковой и глубинной эрозии. В

геологическом строении территории принимают участие четвертинные неогены и нижнемеловые палеогеновые отложения [1, 15, 16].

Равнинная часть бассейна р. Боржавы размещена в пределах Закарпатского внутреннего прогиба. Он размещен между Карпатской складчатой областью и Венгерским срединным массивом, от которых отделен на севере – Закарпатским, на юге – Припанонским глубинными разломами. Прогиб начал формироваться в начале неогена возле подножия Карпатской складчатой системы, заполняясь мощными толщами неогеновых меласс. Регион, который рассматривается, размещен на территории двух больших тектонических регионов: Складчатой области Карпат (Флицевые Карпаты) и Закарпатского внутреннего прогиба. Горная часть бассейна р. Боржавы лежит в Кросненской и Полонинской зонах Флицевых Карпат. Кросненская зона протягивается от границы с Польшей в верховья р. Боржавы. Это наиболее погруженная часть Флицевых Карпат, образована значительными толщами олигоценового флища, собранного в узкие гребневидные антиклинали, извлеченные на десятки километров. Полонинская зона примыкает на север к Кросненской и распространяется в бок Закарпатского внутреннего прогиба. Характерной особенностью зоны есть широкое развитие сложно дислоцированного мело-палеогенового флища. Все породы собраны в складки разных форм и размеров с общей тенденцией наклонов их крыльев на юго-запад под разными углами. Выделение подзон происходит по границам больших надвижек и обусловлено не только тектоническими, а и литологическими отличиями разновозрастных флицевых толщ. Большую роль играют и поперечные нарушения типа сбросов меридионального и субмеридионального направления.

Можно сделать вывод, что регион отличается высокой сейсмичностью. Здесь размещены эпицентры сильнейших карпатских землетрясений (7 баллов), здесь же наблюдается частая повторяемость подземных толчков. Самая важная сеймотектоническая зона связана с Закарпатским глубинным разломом, который отделяет Складчатую область Карпат и Закарпатский внутренний прогиб. Сейсмическая активность проявляется также в зонах миоценовых разломов и вулканизма, которые ограничивают из юга Вигорлат-Гутинское пасмо (6-7



баллов). В зоне Припанонского глубинного разлома интенсивность землетрясений достигает 5-6 баллов.

В нижней части бассейна реки Боржавы распространенный водоносный горизонт аллювиальных отложений, который содержится в мощной толще аккумулятивных отложений, неоднородных по своему гранулометричному составу и не выдержанному по мощности. Водонасыщенность аллювиальных отложений снижается по мере перехода от низких террас к более высоким. Питание водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод. Средний уровень грунтовых вод, находится на глубине 2-5 м от поверхности. Годовые колебания уровня грунтовых вод составляют 50-100 см. Наивысший уровень вод наблюдается, как правило, в марте-июне. Уровень вод более всего понижается в октябре-ноябре, когда он достигает минимального уровня, а начиная с декабря снова поднимается. Относительно гидрогеологические условий региона, то они обусловлены особенностями геологического строения, геоморфологии и климата. Регион находится в пределах двух гидрогеологических районов: складчатой области Карпат и Закарпатского артезианского бассейна. В складчатой области Карпат выделяются два типа вод: трещинно-грунтовые воды зоны выветривания и трещинные воды зон тектонических нарушений. Нижняя граница распространения трещинно-грунтовых вод достигает 15-20 р. Водонасыщенность зоны выветривания относительно невысока. Глубина эрозионного вреза гидрографической сетки бассейна значительно ниже, чем зона развития эффективной трещиноватости, которая обуславливает интенсивное дренирование трещинно-грунтовых вод. Значительно большей обводненностью характеризуются зоны трещиноватости тектонических нарушений. Питание трещинно-грунтовых и трещинных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка проходит естественным путем в виде источников. Годовая амплитуда колебания уровня 1,5 м [1, 15, 16]. Исследованиями, установлено, что в Украинских Карпатах наблюдаются селевые потоки, которые наносят существенный убыток лесному и сельскому хозяйству, автомобильному и железнодорожному транспорту, гидротехническим сооружениям, энергетическим коммуникациями, жилым и производственным

сооружениям и тому подобное. Причем, в последние годы (1992, 1993, особенно в 1998 и 2001 годах) селевые потоки носили катастрофический характер. Это связано не только с естественными условиями селеобразований, но в значительной мере, и с недостатками хозяйствования в горных районах. В верхней части бассейна р. Боржавы преобладают селевые паводки грязе-каменного типа, которые образуются за счет легковыветриваемых песчано-глинистых пород мела и палеогена. Аккумулятивные процессы развиты главным образом в пределах русел и заповей рек. Процессы заболачивания широко развиты на равнинной части бассейна в пределах Мукачевской впадины, реже на склонах речных долин – в горной части. Складчатой области Карпат определяются значительным расчленением горного рельефа и развитием флищевых толщ палеогенового и мелового возраста, в которых развиты преимущественно такие физико-геологические процессы, как обвалы, осыпи, сдвиги, селе, эрозия. Инженерно-геологические условия Закарпатского внутреннего прогиба обусловлены равнинным слаборасчленным рельефом с развитием мощных песчано-глинистых аллювиальных и молассовых отложений неоген-четвертичного возраста. Здесь развиты сдвижные и селевые процессы, связаны с глинистыми отложениями неогена по долине реки Боржавы и их приток.

Вулканические образования разбиты системой трещин и зонами тектонических разломов. С зонами выветривания связаны трещино-грунтовые воды, а с тектоническими нарушениями - трещинные воды. Зона развития трещинно-грунтовых вод имеет мощность возле 20 м, глубина их залегание зависит от характера рельефа. Дренируются трещинно-грунтовые воды эрозийной сеткой и проявляются в виде многих источников на склонах долин рек и ручейков, которые прорезывают склоны вулканической косы. Водоносный комплекс вулканогенных образований Вигорлат-Гутинско пасма распространен в центральной части бассейна р. Боржавы и тянется полосой из северо-запада на юго-восток вдоль северной границы Закарпатского прогиба. Водовесные породы – базальты, андезиты-базальты, андезиты, липариты, дациты, андезиты-дациты. Трещинные воды приурочены к части разреза, которая залегает ниже современного базиса эрозии. Накопление и циркуляция вод зависит от степени трещиноватости пород. Зоны самой большой трещиноватости иногда развиты к

глубины 150-200 м. Питание трещинно-грунтовых вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков. При этом область питания совпадает с областью распространения. Разгрузка трещинных вод происходит на склонах гор и в долинах рек. Уровневый режим этих вод непостоянный.

Наивысшие показатели уровня грунтовых вод в последние десятилетия наблюдались в 1967, 1980 и 1999 годах. Когда уровень грунтовых вод высокий, даже при незначительных осадках происходят значительные паводки. Главной причиной их возникновения есть то, что уровень грунтовых вод очень близкий к поверхности. Вблизи р.Тисы средний уровень грунтовых вод везде находится ближе чем на глубине 3 м от поверхности земли. В зависимости от количества воды в реках перепады между уровнем грунтовых вод и поверхностью могут быть значительно меньшими. Если колебание уровней воды в реках на протяжении года могут меняться несколько раз, в местностях, которые расположены далеко от рек, уровень грунтовых вод может значительно меняться только после ряда многолетних лет. Региональный водоупор в бассейне р. Боржавы отсутствует. Местными водоупорами есть глинистые образования в толще аллювиальных и флищевых отложений [1, 15, 16].

Бассейн р. Боржавы отнесен к Карпатскому эрозионному району, который в зависимости от вертикальной зональности, рельефа и особенностей развития эрозионных явлений разделяется на подрайоны: горный, предгорный и низменный. Карпатский эрозионный район характеризуется интенсивным развитием водной эрозии грунтов. Ветровой эрозии грунтов в бассейне нет. Основными предпосылками развития водно-эрозионных процессов в бассейне есть: горный рельеф местности, выпадение большого количества атмосферных осадков, сильные сливы, избыточное вырубывание лесов, разорение склоновых земель, бессистемный выпас скота на горных пастбищах, ветросваливание в лесах, наземная трелевка леса, частые паводки и др. Здесь широко развиты эрозионные процессы – современное размывание склонов, ярообразование, подмывание берегов рек, а также сдвиги, обвалы, осыпи, карстообразование, селе. Процесс современного размывания в долинах рек приводит к образованию обрывов над урезом воды. После выпадения дождей усиливается боковая эрозия, которая подмывает коренные берега, размывает землю на поймах высокого

уровня. Водная эрозия грунтов наиболее развита в горной и подгорной естественных зонах. В Закарпатской низменности, которая представлена плоскоотно-равнинным рельефом, водная эрозия развита слабо. Она здесь наблюдается лишь во время паводков в поймах рек (русовая и пойменная эрозия). Ярообразования чаще всего наблюдаются в горной части региона. Овраги имеют V-подобную форму и частично приурочены к зонам тектонических нарушений. В устье оврагов образуют конусы выносов, которые достигают больших размеров.

Линейная эрозия особенно распространена вдоль полевых дорог, по границам полей, вдоль незакрепленных кюветов автодорог. Наблюдаются промоины, которые часто перерастают в балки на площадках неправильно построенных террас. Встречаются ярообразования и вдоль газопроводов, нефтепроводов, где при них прокладывании не предусмотрены водосбросы. Имеют место и сдвиги на затеррасированных участках, которые образуются в связи с подкормом грунтовых вод в верхних горизонтах на затеррасированных склонах. В основном, ярообразования являются результатом бесхозяйственной деятельности человека. Большую роль в развитии эрозионных процессов играют технологии лесосечных работ. Массовое обследование лесосек и срубов в разных лесорастительных условиях Карпат показало, что объемы эксплуатационной эрозии грунта при применении тракторной трелевки деревьев, в среднем, составляют 350 м<sup>3</sup>/га, а канатного – только 50 м<sup>3</sup>/га. Участки с тракторной трелевкой усиливают роль метеорологических и геоморфологических факторов в интенсификации стихии на горных склонах. В регионе широко развиты осыпи и обвалы, чаще всего на крутых склонах высоких хребтов, образованы песчаниками. Брыла их достигают иногда до 2 м в диаметре. В полосе вулканических образований наблюдается хаотичное накопление валунов и других пород, которые приходят в движение после больших ливней. Сдвиги образуются на крутых склонах, в местах выхода грунтовых вод или в дорожных вилках, где происходит искусственное подрывание склонов. Сдвижные процессы захватывают чаще четвертичные отложения, реже – эоценовые (полого-бугорчатый сдвижной рельеф). Сдвиги широко развиты в бассейне р. Боржавы между городами Свалява и Иршава [1, 15, 16].

## РАЗДЕЛ 4

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 4.1. Теоретические подходы

Понятие бассейнового подхода впервые было предложено французским ученым-географом Филипом Бюашем. Его концепция была поддана широкой критике, которая в значительной мере объяснялось ошибочными представлениями ученого о природе границ водосборных бассейнов. Известный немецкий ученый Йоганн Кристоф Гаттерер отождествил бассейны стока с естественными районами, использовал их для организации географического описания. Подход Гаттерера был заимствован несколькими английскими авторами, и речной бассейн стал широко использоваться как основа для выяснения того, что теперь называют системой взаимосвязанных элементов. В Германии Фридрих Ратцель, обобщая представление о речном бассейне как естественный район и ареал формирования географической культурной среды, также пришел к заключению о целостности речного бассейна как системы, в пределах которого наблюдаются “не только единство элементов природы, но и единство торговое, культурная и политическая народов, которые проживают на него территории, где главная река “притягивает” к себе растительность, животных и народностей” [18].

С целью оптимизации природопользования Р.И. Швобсом было предложено многоцелевое членение среды, где особенно большую роль играет водный фактор [19]. Он считает, что банальные методы оценки позволяют получить качественную и сравнительную характеристики состояния окружающей среды, гидроэкологических процессов и явлений, которые изучаются, а также осуществить их картографирование.

Методику комплексной оценки геоэкологического состояния водных ресурсов малых рек предложил Тимченко З.В., в которой используется

комплексный показатель стана ресурсов малых рек и критерий относительного антропогенного нагрузки для разных видов природопользования [18].

Поэтому, на сегодня понятие бассейновых геосистем ведет к созданию бассейновых прогностических систем, которые грунтуются на математическом моделировании наводнений и паводков, появляется возможность детализировать прогнозную продукцию через ее пространственное представление, в том числе и для водосборов, неизученных в гидрологическом отношении. Внедрение бассейновых систем содействует комплексному исследованию условий и процессов формирования стока воды с учетом разнообразия ландшафтных особенностей речных водосборов, которое содействует построению пространственной структуры.

Это побуждало к созданию прогностической системы, которая действует на принципе сменных стана и базируется на использовании математических моделей формирования стока. Структура же и функциональные решения моделей дождевого и снего-дождевого стока имеют такие особенности [17]:

- эти модели общие для отдельных генетически однородных видов стока воды, а пространственные и ландшафтные особенности формирования паводков и наводнений учитываются путем параметризации;
- каждый водосбор или его частичная площадь рассматриваются как динамическая система, процессы в которой развиваются непрерывно во времени;
- модели позволяют учесть пространственные особенности факторов и ландшафтных условий определенной местности.

Что предоставляет возможность обоснования новейших принципов, подходы, методы, модели и технологии мониторинга (отслеживание), оценивание и прогнозирование стана и качества поверхностных вод для обеспечения охраны и экологически безопасного использования водных объектов и их водосборов.

Учитывая взаимосвязь водных ресурсов, зависимость их стана от структурно-функциональной организации ландшафтов и хозяйственного комплекса, наиболее рациональная и генетически обоснованная схема управления может быть построена лишь по бассейновому принципу. Геоэкологическое моделирование же гидрологической окружающей среды, что предоставляет

возможность применения принципов формализации водных объектов или речных бассейнов разного уровня как сложных динамических природно-антропогенных геосистем гидроокружения, что задается параметрами, полученными средствами теории случайных функций составных частей групп признаков стана геосистем за основными процессами и условиями у них, используя исследованные особенности их пространственно-временной стохастичной структуры. Эколого-экономической детерминировано-стохастического районирования водных объектов, как отдельных геосистем. Осуществление моделирования стана разноразмерных геосистем гидроокружения и их стойкости как объединение фазовой стойкости за саморегуляционным уровнем развития, параметрической стойкости (поливариантного соответствия заданным геоэкологическим нормативам) и надежности, которая определяется предложенной вероятностной мерой способности геосистем выполнять требовательные природно-социально-экономические функции. Принципы же математически-картографического ландшафтно-гидроэкологического районирования территорий базируются на геоинформационном модельном синтезе случайных и квазидетерминированных полей природно-антропогенных условий и следствий ресурсопользования [20].

Что играет существенную практическую значимость прежде всего для органов государственной исполнительной власти в области охраны окружающей среды, предотвращение и реагирование на чрезвычайные ситуации естественного и техногенного характера и органов местного самоуправления для объективной, оперативной и эффективной информационно-модельной поддержки решений с управления по состоянию поверхностных вод и речных бассейнов Украины, в т.ч. трансграничных при международном сотрудничестве, та комплексного экологического безопасного водо- и ресурсоиспользования как условия постоянного развития регионов государства.

На основе чего можно сделать вывод, который в целом человек есть не только разрушителем «природы, а и жертва ее влияния», что нуждается в научном основании для предотвращения разрушительного действия стихийных и нестихийных явлений. Исследование же объединения естественных закономерностей и зависимости общественной деятельности «с помощью конструктивного метода открывает широкие возможности усовершенствования

методической и теоретической баз для всех направлений современной географии».

#### **4.2. Элементы исследования системы мониторинга гидрологического режима**

Мониторинг требует от субъектов системы государственного мониторинга поверхностных вод (СДМПВ) обеспечение общих задач и формироваться таким образом, чтобы максимально удовлетворить требования этих субъектов мониторинга. То есть нужно создать такую систему, которая использовала бы данные, которые собирают субъекты мониторинга для решения своих отдельных задач, и на их основе позволяла бы решать более общие задачи, разработать более обобщенные выводы и принимать более глобальные руководящие решения [21, 22].

Наилучшей формой сбора и сохранение данных мониторинга есть геоинформационная система (ГИС), то есть информационно-программное объединение электронных карт из базами данных об объектах на этих картах.

Одной из самых больших преимуществ обработки пространственно-распределенных данных есть возможность визуализации закономерности в виде электронных карт. Большинство современных ГИС-Пакетов имеют в своем распоряжении соответствующий инструмент, который позволяет отображать разными цветами закономерности в численных параметрах плоскостных объектов.

СУБД предназначена для работы с банком данных системы мониторинга направления. Для обеспечения операций работы с данными с учетом их пространственной привязки, то есть с помощью геоинформационной модели окружающей среды разрабатываются специальные программы системы мониторинга. Такие геоинформационные аналитические системы могут содержать модули:

- информационно-поисковый о стане и качестве рек;
- информационно-поисковый о стане водохранилищ;



- информационно-поисковый о стане прудов;
- информационно-поисковый о стане об источниках загрязнения и пользователей водных ресурсов;
- картографический модуль;
- модуль для построения водного баланса речной системы;
- модуль для осуществления геокодирования параметров объектов, то есть занесение данных из БД в параметры объектов на карте.

Для практической эффективности службы гидрологического оповещения в бассейнах рек и уменьшения риска стихийных бедствий создаются автоматизированные информационно-измерительной системы (АИВС), какие есть чрезвычайно важными для прогноза паводков и управление водными ресурсами [21, 22].

Основная цель АИВС - оперативное прогнозирование гидрографов паводков на реках бассейна с помощью специальных математического, информационного и программного обеспечений; подготовка достоверной прогнозной информации о параметрах паводка и передаче ее в автоматическом режиме соответствующим службам оповещения и противопаводковым подразделам; выдача рекомендаций для принятия управленческих решений по безаварийному пропуску паводков.

Создание АИВС направлено на научное обеспечение управления водными ресурсами бассейна реки, программы борьбы с паводками, дает возможность осуществить автоматизацию и расширение зон наблюдений, сбора и обработки информации из районов интенсивного формирования стока (горные, предгорные), предупреждение о формировании, прохождении паводков и употребление соответствующих мер по защите территорий от затоплений.

АИВС для прогноза паводков и управление водными ресурсами в бассейне рек обеспечивает функционирование многих подсистем. В сложной системе предусмотрено решения важных частичных целей, совокупность которых в виде подсистем можно рассматривать, как модель большой системы. Функциональная структура АИВС предусматривает распределение системы на такие подсистемы:

- прогнозирование дождевых, тало-дождевых и селевых паводков;

- контроль параметров и прогнозирование качества естественных и сбросовых вод;
- прогнозирование зон затопления и возможных убытков от затопления дождевыми, талодождевыми и селевыми паводками;

Разработка оперативных планов противопаводковых мер в особый период.

В режиме реального времени получают данные относительно атмосферных осадков, температуры воздуха и уровня воды [21, 22] (рисунки 4.1, 4.2, 4.3).

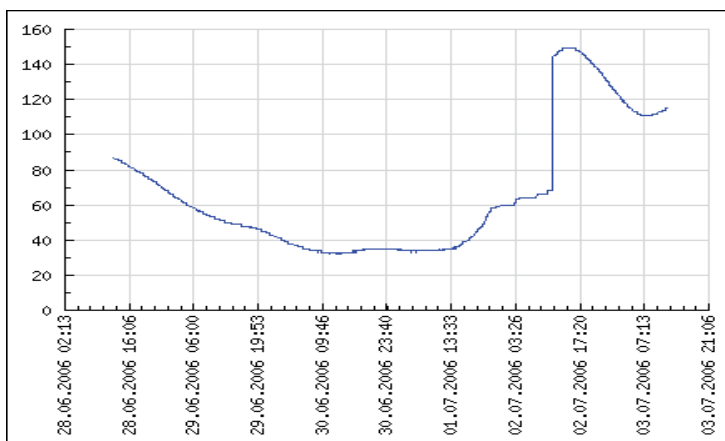


Рисунок 4.1. Режим уровня воды р. Тиса по станции Вашарошнамень, см

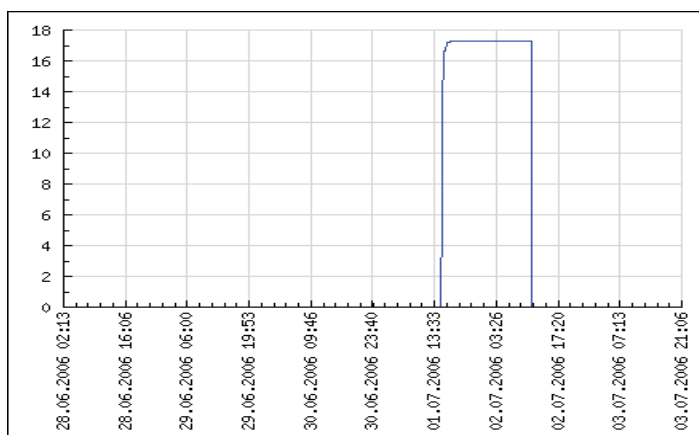


Рисунок 4.2. Атмосферные осадки по станции Вашарошнамень, мм

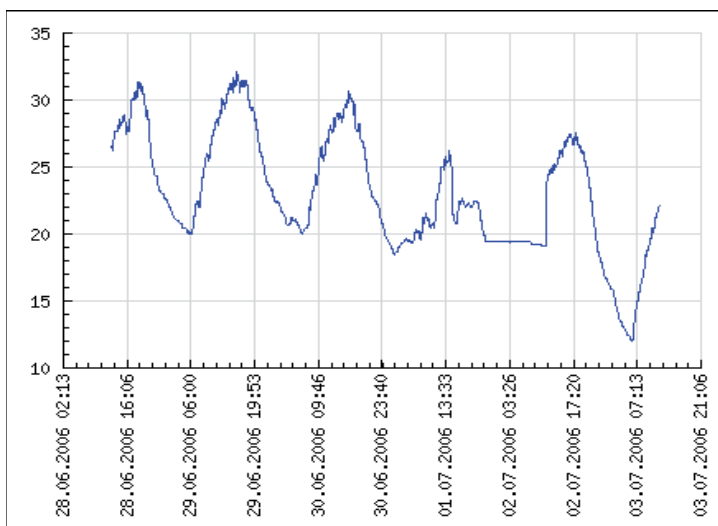


Рисунок 4.3. Температура воздуха по станции Вашарошнамень, °С

В составе системы функционирует специальное программное обеспечение [21, 22]:

- программное обеспечение для обработки гидрологической информации с АВС. Данные автоматизированных станций постоянно скапливаются в базе данных.
- программа “Radar” для работы с данными метеорологического радара.
- программа “Iciset” для работы со снимками из метеорологического спутника “Meteosat”.

В режиме круглосуточного дежурства осуществляется анализ и передается управлением. Для создания базы данных речной топографии бассейна рек, данных временных рядов наблюдений, разработана гидравлическая модель и модель осадки-сток программного комплекса MIKE11. Для функционирования модели необходимо обеспечить получение данных из автоматизированных станций, размещенных в бассейне рек в режиме реального времени.

В состав новой интегрированной информационной системы Arcgis входит три ключевых программных компоненты [21, 22]:

- настольные продукты Arcgis Desktop, ядром которых является интегрированный набор мощных ГИС-Приложений;

- Arcsde для работы с базами геоданных, которые хранятся в СУБД мониторинга;
- Серверное приложение Arcims. Интернет-ГИС для работы с распределенными данными и службами.
- СДМПВ.

#### **4.3. Элементы автоматизации управления водными ресурсами**

Создание автоматизированной информационно-измерительная система направлена на научное обеспечение управления водными ресурсами бассейна р. Тиса, программы борьбы с паводками, дает возможность осуществить автоматизацию и расширение зон наблюдений, сбора и обработки информации с районов интенсивного формирования стока (горные, предгорные), предупреждение о формировании, прохождении паводков и употребление соответствующих мер по защите территорий от затоплений [22, 23].

Выходом является внедрение комплексной системы, спроектированной и разработанной по всем стандартам. Обязательной есть разработка всей необходимой проектной и эксплуатационной документации, а также технология поддержки и распространение новых версий системы. Понятно, что есть два пути решения этой проблемы – покупка готовой системы или ее разработка.

Главными факторами, которые учтены при создании информационной системы есть [22, 23]:

- организационная сложность и нестабильность (много структурных подразделов, много уровней иерархии, изменения организационной структуры);
- территориальное распределение (даже один и тот же структурный подраздел может иметь несколько адресов);
- технологическая многогранность (много разных процессов, услуг и образов их представления);
- большой объем информации (много объектов и событий);
- высокие требования к актуальности и достоверности.

Успешная автоматизация в значительной мере определилась удачной формализацией объекта для автоматизации. Рассмотрим создание одной из частей информационной системы осуществления автоматизации системы управления водными ресурсами.

Как правительственный орган, который осуществляет мероприятия по предотвращению, реагированию и минимизации вредного действия вод, Госводхоз Украины пришел к заключению, что проблема повышения практической эффективности службы гидрологического оповещения в бассейне р. Тисы и уменьшение риска стихийных бедствий может быть решена путем создания автоматизированной информационно-измерительной системы для прогноза паводков и управления водными ресурсами в бассейне р. Тисы.

Автоматизированная информационно-измерительная система для прогноза паводков и управления водными ресурсами бассейна р. Тисы обеспечивает функционирование многих подсистем. Важным вопросом есть автоматизировать ведение, доступ и управление данными, сбора на местах. Что является подсистемой геоинформационной аналитической системы.

Наилучшей формой сбора и сохранение данных есть геоинформационная система (ГИС), то есть информационно-программное объединение электронных карт с базами данных об объектах на этих картах.

Одной из самых больших преимуществ обработки пространственно-распределенных данных есть возможность визуализации закономерности в виде электронных карт. Большинство современных ГИС-Пакетов имеют в своем распоряжении соответствующий инструмент, который позволяет отображать разными цветами закономерности в численных параметрах плоскостных объектов. Занесение значений параметров осуществляется из БД из соответствующей таблицы-результата выполнения специального запроса

СУБД предназначена для работы с банком данных. Для обеспечения операций работы с данными с учетом их пространственной привязки, то есть с помощью геоинформационной модели окружающей среды разрабатываются специальные программы. Такие геоинформационные аналитические системы могут содержать модули [22, 23]:

- информационно-поисковый о стане и качестве рек;

- информационно-поисковый о стане водохранилищ;
- информационно-поисковый о стане прудов;
- информационно-поисковый о стане об источниках загрязнения и пользователей водных ресурсов;
- картографический модуль;
- модуль для построения водного баланса речной системы;
- модуль для осуществления геокодирования параметров объектов, то есть занесение данных из БД в параметры объектов на карте.

#### **4.4. Современный стан Автоматизированной информационно-измерительной системы АИВС-“Тиса”**

На данное время есть еще актуальной проблема повышения практической эффективности службы гидрологического оповещения в бассейне р. Тисы и уменьшения риска стихийных бедствий. Она может быть решена путем создания автоматизированной информационно-измерительной системы для прогноза паводков и управление водными ресурсами в бассейне р. Тисы (АИВС-"Тиса"). Система была предусмотрена соглашением между Минводхозом УССР и Госведомством водного хозяйства Венгерской Народной Республики по теме "Информационно-измерительная система для прогноза паводков и управления водными ресурсами бассейнов год", подписанной в г. Будапешт 16 декабря 1986 г. [22].

Основной целью АИВС-"Тиса" есть оперативное прогнозирование гидрографов паводков на реках бассейна с помощью специальных математического, информационного и программного обеспечений; подготовка достоверной прогнозной информации о параметрах паводка и передача ее в автоматическом режиме соответствующим службам оповещения и противопаводковым подразделам; выдача рекомендаций для принятия управленческих решений по безаварийному пропуску паводков. Создание АИВС-"Тиса" направлено на научное обеспечение управления водными ресурсами бассейна реки, программы борьбы с паводками, дает возможность осуществить

автоматизацию и расширение зон наблюдений, сбора и обработки информации из районов интенсивного формирования стока (горные, предгорные), предупреждение о формировании, прохождении паводков и употреблении соответствующих мер по защите территорий от затоплений.

Автоматизированная информационно-измерительная система для прогноза паводков и управления водными ресурсами в бассейне р. Тисы обеспечивает функционирование многих подсистем. В сложной системе предусмотрено решение важных частичных целей, совокупность которых в виде подсистем можно рассматривать, как модель большой системы. Функциональная структура АИВС-"Тиса" предусматривает распределение системы на такие подсистемы [22]:

- прогнозирование дождевых, тало-дождевых и селевых паводков;
- контроль параметров и прогнозирование качества естественных и сбросовых вод;
- прогнозирование зон затопления и возможных убытков от затопления дождевыми, тало-дождевыми и селевыми паводками;
- разработка оперативных планов противопаводковых мер;
- функционирование водного хозяйства в особый период (подсистема ЦО).

В 2000-му году за счет помощи венгерское правительство создано и введено в действие систему автоматического сбора гидрологических и гидрометеорологических данных, к которой входят автоматизированная гидрометеорологическая измерительная станция в р. Тячев на р. Тиса, автоматизированная метеорологическая измерительная станция на ретрансляторе Рокосово и пункт управления в ЦЗИ (г. Ужгород). В начале 2003 года введен в действие автоматизированную гидрометеорологическую измерительную станцию в г. Ужгород на р. Уж. На протяжении 2003 года за счет следующего гранта помощи правительства Венгрии построено и введено в действие 4 метеорологических АВС и 8 гидрометеорологических АВС в бассейне р. Тиса на территории Закарпатья [22, 24]:

- комплексная гидрологическая станция в с. Кривая Хустского р-на, р. Тиса;
- гидрологическая станция (новая подземная часть здания) в г. Тячев;
- комплексная гидрологическая станция в г. Рахове, р. Тиса;
- комплексная гидрологическая станция в с. Длинное, р. Боржава;

- комплексная гидрологическая станция в с. Межгорье, р. Река;
- комплексная гидрологическая станция в с. Колочава, р. Тербля;
- комплексная гидрологическая станция в с. Устье Черная, р. Тересва;
- ретранслятор в г. Рахове – метеорологическая станция;
- ретранслятор в с. Красная – метеорологическая станция;
- ретранслятор в с. Колочава – метеорологическая станция;
- ретранслятор в с. Плай – метеорологическая станция;
- комплексная гидрологическая станция химических показателей в г. Тячев р. Тиса.
- На протяжении 2003-2005 гг. установлено 7 автоматизированных гидрометеорологических измерительных станций [22, 24]:
- в бассейне р. Латорица;
- в верховьях р. Тиса, а именно в с. Подполозья;
- в р. Свалява на р. Латорица;
- в с. Черноголовая на р. Лютянка;
- в смт. В.Бичков на р. Тиса;
- в с. К.Поляна на р. Косовская;
- в пгт. В. Березный на р. Уж и в с. Н. Реметы что на р. Боржава.

Эти станции используют принципиально новый тип связи для передачи информации. Учитывая то, что информация из автоматизированных гидрометеорологических измерительных станций есть важной для общества, это дает нам возможность пользоваться системой EUMETSAT для передачи информации со станций, которые передают данные на спутник. Была установлена система приема информации для получения информации из спутника EUMETSAT, которая составляется с двух компьютеров, первый связан спутниковой антенной, что установлена на доме Закарпатского облводхоза, и отвечает за дешифрацию данных, и передачу их на второй компьютер для дальнейшей обработки, который розархивирует данные. Выбирает с пакета данных, которые касаются станций АИВС "Тиса", и записывает их в базу данных на сервере облводхоза. Спутниковые изображения, которые получены со станции приема спутниковой информации через систему Eumetcast. Станция позволяет получать изображение земной поверхности и атмосферы каждое 15 минут в 12



спектральных диапазонах из геостационарного метеорологического спутника MSG и полярно-орбитальных метеорологических спутников NOAA и МЕТОР.

В составе системы функционирует специальное программное обеспечение для обработки гидрологической информации с ABC на территории Закарпатья и Венгрии бассейне р. Тиса. Данные автоматизированных станций постоянно скапливаются в базе данных. Программа “Radar” для работы с данными метеорологического радара в г. Нопкор (Венгерская республика). Программа “Icicat” для работы со снимками из метеорологического спутника “Meteosat”. Данные с ABC (украинских и венгерских) обрабатываются на рабочих местах с помощью программы “MS Excel 97”.

Идет работа над внедрением моделей для моделирования и прогнозирования развития паводковой ситуации на реках Закарпатской области. В рамках проекта Tacis “Оценка риска и управление наводнениями в Закарпатской области” установлено 8 гидрометеорологических и 5 метеорологических измерительных станций со спутниковой связью в бассейне рек Тиса, Латорица и Уж. Проект “Противопаводковый менеджмент в Словакии и Украине” (финансируется Датским агентством DANCEE) – запланировано установление на Украинской территории проекта 3-х автоматизированных измерительных станций на реках Уж и Латорица с интеграцией их в существующую систему [22, 24].

#### **4.5. Применение ГИС для потребности предупреждения стихийных гидрологических явлений**

На современном этапе существенным есть использование дистанционных методов, в частности космического съема, при изучении геосистем. С появлением на рынке космических снимков со сверхвысокой раздельной способностью (2,5 м и лучше), что получаются из спутников Quick Bird, IKONOS, EROS, Spot-5 и Formosat, возможности космических методов исследования для изучения городских, даже плотно застроенных территорий, значительно улучшились. Раздельная способность 0,8 – 2,5 м позволяет эффективно изучать компоненты урбанистических геосистем, в частности литогенную основу, рельеф,

поверхностные и даже подземные воды, грунты, растительность, здания и сооружения, исследовать факторы развития неблагоприятных естественных процессов или процессов, обусловленных техногенным влиянием на компоненты геосистем, и прогнозировать их следствия [22, 25].

Основными критериями оценки качества гидрологического прогноза есть наиболее полная его соответствие за точностью и своевременностью. Возможность получения исходной информации для прогнозирования чрезвычайных ситуаций естественного происхождения целиком зависит от уровня развития сетей наблюдений за естественной средой.

В условиях, когда все чаще на реках формируются быстропроходящие гидрологические явления, когда погодные условия зимы не содействуют формированию стабильных факторов весеннего водополья для достоверного долгосрочного прогнозирования, наиболее актуальным становится развитие краткосрочного прогнозирования. В основу которого положено создания в гидрометслужбы современной автоматической системы наземных гидрометеорологических наблюдений, сбора и получение данных центром прогнозирования в реальном времени с необходимой частотой [22, 25]. Незаурядного значения приобретает развитие и внедрения гидродинамических моделей и ГИС-Технологий, которые будут позволять описывать ход паводков в пространстве и времени по всей течению реки, выдавать прогнозы в виде зон возможных затоплений. Опыт создания бассейновой прогностической системы в Закарпатье, которая грунтуется на началах математического моделирования процессов формирования стока воды, может служить образцом для аналогичных систем в горных регионах. Важным есть форма представления прогноза, возможность его пространственной интерпретации. Технологические решения, примененные в системе, позволяют получать прогнозную продукцию с детальным освещением пространственных объектов. Нужно иметь в виду при этом, что математическое моделирование паводков с целью использования его результатов в системе нуждается в совершенном изучении ландшафтных и гидрологических условий в речном бассейне. С целью повышения функциональных возможностей прогностической системы она организована в составе 5 подсистем, из-за которых осуществляется краткосрочное прогнозирование хода стока на р. Тисе и ее

притоках, а также долгосрочное прогнозирование характеристик весеннего стока. Математические модели, задействованные в системе, предоставляют возможность вероятности процессов формирования стока с целью увеличения предупредительной возможности прогнозов. Этим самым значительно повышается информативность прогнозной продукции. Самую большую сложность при моделировании, составляет получение фактической, местной, информации о рельефе, динамики русла, исторические данные. Такую информацию, можно получить с использованием спутниковых снимков Земли. Регулярный мониторинг возможно проводить с помощью снимков спутника.

Для решения проблемы эффективной реализации возможностей прогностической системы и увеличения предупредительной возможности прогнозирования хода стока в бассейне Тисы необходимо создать методическую базу непрерывного прогнозирования количества осадков по орографическим районам Карпат, задействовать радиолокационный метод измерения осадков и осуществить техническое переоснащение сети гидрометеорологических наблюдений и средств передачи информации. Внедрение бассейновых систем содействует углубленному комплексному изучению условий и процессов формирования стока воды с учетом разнообразия ландшафтно-гидрологических особенностей речных водосборов. В частности, руководящая система прогнозирования паводков MIKE 11, созданная Датским институтом Гидравлики DHI, дает возможность не только прогнозировать дату начала паводку, а с помощью цифровой модели рельефа устанавливать зоны, которые будут затоплены, что чрезвычайно необходимо для своевременного отселения населения, которое может пострадать [22, 25].

На территории Закарпатской области находится всего 8 метеостанций, 2 автоматизированных и 36 неавтоматизированных гидропостов, связь с которыми во время развития экстремальных метеорологических ситуаций, как показывает практика, не гарантировано. Вполне естественно, что детальность информации, реально достижимой в период развития чрезвычайных ситуаций по территории Украины, делает неэффективным применение таких признанных в мире комплексов гидрологического моделирования, как HEC-RAS, SMS, MIKE-11 и др. [22, 25].

Сегодня чрезвычайно актуальной есть разработка моделей развития экзогенных процессов – карст, сдвигов, подтопление, и т.п. Именно поэтому реализована интеграция ГИС с такими проблемно - ориентированными моделирующими системами, как модуль расчетов свободной поверхности реки и модуль определения зон достоверной активизации селевой активности.

Выбор алгоритма прогнозирования пространственного развития и оценки последствий чрезвычайных ситуаций в значительной мере определяется детальностью и полнотой информации об объекте исследований и его окружение. Последние, в свою очередь, ограниченные как возможностями существующих в регионе систем мониторинга естественной среды, так и составом имеющегося фонда электронных карт, которые на сегодня нельзя себе представить без ГИС.

Современная профессиональная ГИС – это универсальная « клиент-серверная» система, которая имеет средства создания и редактирование электронных карт, выполнение разных измерений и расчетов, оверлейных операций, построения трехмерных моделей, обработки растровых данных, средства подготовки графических документов, а также удобные инструментальные средства для работы с базами данных. Имеющиеся развитые средства редактирования векторных и растровых карт местности и нанесение прикладной графической информации на карту. Поддержка нескольких десятков разных проекций карт и систем координат.

Поверхность трехмерной модели может формироваться с использованием векторных, растровых или матричных карт. Предусмотренное построение изображения объектов электронной карты, выбор текстур и материала покрытия. Поддержка многослойных матричных карт, матриц рельефа и матриц качественных характеристик местности. Осуществляется построение ортофопланов по материалам космической съемки центральной проекции, панорамными и щелевыми снимками, аэрофотосъемке. Построение регулярных и нерегулярных матриц высот по векторным картам или набора точечных измерений. Формирование изолиний по нерегулярным измерениям.

Актуальным есть использования логических и математических расчетов для обработки данных исследований в камеральных условиях, нанесение результатов вычислений на электронную карту. Программные средства

позволяют решать большинство задач по составлению крупномасштабных планов.

Применением геоинформационных систем успешно решаются задачи гидрологического моделирования, которые позволяют найти сооружения, которые находятся в зоне возможного затопления. Особенно полезным есть анализ указанных зон космических съемок. Именно с помощью снимка можно быстро установить современный стан заселения территории. Данные воздушного лазерного сканирования и ДЗЗ представляют собой массив, который содержит пространственные координаты точек и значения интенсивности лазерного отражения. Осуществляется обработка информации, которая позволяет решать следующие задачи:

- создание топографической основы проектно-исследовательских работ;
- геометрические измерения инженерных сооружений;
- обновление карт местности;
- построение цифровых моделей рельефа;
- построение математических моделей с использованием интенсивности отражений лазерного импульса;
- дешифровка объектов местности;
- создание ортофопланов на основе классифицированных точек земной поверхности.

Построение и анализ поверхностей состоит в формировании матрицы, которая представляет собой поверхность значений моделированной характеристики. В процессе моделирования зоны затопления определяются границы зоны затопления и исчисляется уровень подъема воды. По информации отметок уровня формируется поверхность воды, которая в дальнейшем сравнивается с поверхностью рельефа местности. Если поверхность воды в точке местности расположена выше поверхности рельефа, то в результирующую матрицу записывается значения глубины затопления в данной точке. Можно выполнить расчеты статистических характеристик (минимальная, средняя, максимальная глубина, объем воды) зоны затопления.

Построение нескольких моделей зон затопления по измерениям глубин в разные моменты времени позволяет оценить динамику процесса затопления.

Используя результирующую матрицу качеств, можно построить профиль глубин по заданной линии с отображением текущего значения глубины.

Имеющаяся возможность моделирования бассейновых систем в базе данных ГИС с использованием программного пакета ARC/INFO 7.1.2. Модель векторных данных ARC/INFO включает построение пространственных пластов, которые могут содержать классы плоскостных, линейных и точечных объектов, к которым привязывают содержательные атрибуты бассейнового принципа управления, которое касается и мер, направленных на борьбу с рядом опасных естественных явлений (паводки, сели, сдвиги, подтопления, засол). Главными геометрическими элементами бассейновых систем являются площади водосборов разных порядков, ограниченные линиями водоразделов, и ориентированный дендритный граф, ребрами которого являются тальвеги (каналы стока), а вершинами – начала и слияния тальвегов. Соответственно моделирование бассейновых систем в структуре данных ARC/INFO осуществляется с помощью системы из двух топологически связанных векторных пластов: сети соединенных ориентированных линейных элементов, которые моделируют ориентированный граф тальвегов, и полигонного пласта водосборов разного порядка и их границ [25].

Адекватное представление структуры бассейновых систем в базе данных ГИС дает возможность определять ряд важных характеристик элементов бассейновых систем путем оверлейного анализа их пластов с другими векторными и растровыми пространственными пластами базы данных. Так, существует возможность автоматического обчета частиц разных категорий наземного покрова в площади отдельных водосборов, среднего значения крутизны склонов и других числовых характеристик у них границах, уклона русла водоток. Более сложные числовые модели позволяют определять ряд практически важных характеристик, в частности, значения твердого стока, который поступает из отдельного водосбора за определенный промежуток времени.

Существенным преимуществом ГИС есть возможность общего пространственного анализа разных данных, представленных в форме пространственных пластов. Базы природно-географических данных ГИС содержат пространственные пласты, которые отображают разные характеристики

естественной среды. Наложение этих пластов на пласты тальвегов и водосборов (оверлейный анализ) и проведение соответствующих расчетов позволяют определить ряд важных характеристик элементов бассейновых систем. Цифровые пласты ГИС за структурой данных делятся на векторные (отбивают распределение дискретных объектов и категорий – форм рельефа, типов грунта и т.п.) и растру (отображают континуальное распределение числовых характеристик – превышения, температуры).

В зависимости от типа пластов становится возможным определить частоту повторяемости определенных объектов и частицы разных категорий в площади водосбора, или же статистические параметры (среднее значение, дисперсию) распределения по площади определенной числовой характеристики.

Применение более сложных моделей позволяет получать другие важные характеристики для отдельных водосборов. Так, модель RUSLE позволяет оценивать величину ежегодной эрозии грунта, обусловленной плоскостным смывом и ручьевогой эрозией, учитывая характеристики рельефа (крутизна и длина склонов), климата (эрозионный потенциал осадков), грунта и наземного покрова [25]. Умноживши обчисленную за этой моделью величину смыва на единицу площади (модуль смыва) на площадь водосбора, получаем оценку ежегодного смыва из водосбора. Методы ГИС также позволяют обчислывать геометрические характеристики водосборов.

Аналогичные методы могут использоваться для определения ряда характеристик тальвегов (русл) и водоразделов. Так, накладывание пласта тальвегов на пласт наклона поверхности, получаем значение уклонов русла, которые можно привязать к таблице атрибутов тальвегов. Выразительность водоразделов в рельефе, которая есть важным индикатором динамических тенденций в бассейновых системах, можно определить с помощью наложения пласта водоразделов на растровый пласт плановой кривизны поверхности [25].

Метод пространственного долгосрочного прогнозирования в виде автоматического комплекса позволяет составлять оперативные прогнозы максимальных расход (уровней) воды зимних паводков и весенних наводнений, консультацию относительно сроков их прохождения, оценивать вероятности величины весеннего максимума в многолетнем периоде. Представление

ожидаемых величин в виде карт их изменения по территории на разные даты прогноза позволяет оценивать размеры наводнений для любых, даже небольших водосборов, не в зависимости от наличия гидрологических наблюдений на них. Карты же зон затопления во время высоких водополий можно получить при наличии прогнозируемых максимальных уровней воды наводнения, используя топографические карты местности. Такие карты передаются потребителям – городским органам самоуправления, управлением чрезвычайных ситуаций и общественной защиты населения и др. для оценивания зон повышенной опасности во время значительных наводнений.

В целом же методы ГИС-Анализа позволяют довольно корректно реализовать складные пространственные модели комплексной оценки состояния среды и одновременно изучать комбинации разных природно-техногенных факторов. Эти технологии позволяют быстро и эффективно оперировать данными, которые имеют выразительную, детальную (четко координатную, трехмерную) пространственную привязку, беречь эти данные, иметь быстрый и удобный доступ к ним и на основе этих данных строить высококачественные карты разных назначений.

Данные же дистанционного зондирования, особенно в комплексе с данными наземных исследований, позволяют осуществлять эффективное изучение и оперативный мониторинг неблагоприятных и опасных естественных и техногенно обусловленных явлений в урбогеосистемах. В то же время, использование данных ДЗЗ в условиях больших и средних городов требует специальных подходов, которые позволяют внедряться «сквозь» застройку и искусственные поверхности. Кроме обычного индикационного подхода, предлагается применять метод субпиксельной классификации для определения количественных характеристик геоизображений. А для возможности адекватной автоматизации необходимо усовершенствованное научное основание и изучение всех особенностей гидроэкологического состояния бассейновых геосистем [25].



## РАЗДЕЛ 5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАВОДКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕК БАССЕЙНА Р. ТИСА

#### 5.1. Применение метода анализа пропускной способности

Река Тиса образовывается на востоке Закарпатской области слиянием двух рек – Черной и Белой Тисы. Протекая главным образом в западном направлении, частично по границе с Румынией и Венгрией, она на территории Закарпатья принимает такие правые притоки, как Тересва, Теребля, Река и Боржава. Реки Латорица и Уж после слияния на территории Словакии с реками Лаборец и Ондава, образуют Бодрог, который также впадает в р. Тису, притоки которой пересекают Карпаты в поперечном направлении, прорезая на своем пути цепи хребтов. Паводки здесь повторяются до 6-8 раз на год. Основными причинами формирования которых есть природно-климатические и геологические особенности Карпатского региона. Стихия происходит вследствие резкого подъема уровней воды в реках, которая приводит к затоплению территорий населенных пунктов, производственных объектов и причиняет значительные убытки экономике области. Такая же проблема существует и в других государствах, которые расположены в бассейне р. Тисы, которая нуждается в международной координации системы наблюдений и оповещения населения и необходимость обеспечения [26]:

- постоянных замеров в характерных створах расходах и уровней воды, которые дадут достоверную основу для расчетов гидрологических процессов;
- оперативной передачи для обработки первичной информации и дальнейшего имитационного моделирования гидрологических процессов.

В современных условиях проблема защиты от паводков в бассейне р. Тисы носит интернациональный характер и ее решение нуждаются в научно-технических потенциалах.

В решении вопросов противопаводковой защиты в бассейне р. Тисы есть двусторонние международные соглашения с сопредельными странами в области водного хозяйства на пограничных водах, в основу которых положены принципиальные положения Хельсинской 1992 года Концепции об охране и использовании трансграничных водотоков и международных озер. Регламенты сотрудничества относительно обмена гидрометеорологической информацией предусматривают обмен как оперативной, так и годовой информацией. При возникновении угрожающих гидрометеорологических явлений стороны осуществляют обмен прогнозами их развития. В состав информации входят и данные об уровне и расходах воды.

Исследование основывается на данных наблюдений службы гидрологического мониторинга на водомерных постах и гидроморфометрических створах и геодезических измерений на участках рек Закарпатья. Использован материал геoinформационной базы Облводхоза г. Ужгород о максимальном стоке и картографических материалах территории исследования [26].

По нашему мнению, следует уделить внимание влияния стока притоков на русло реки, и наоборот формирование потока р. Тисы в значительной мере задает уровень воды и в притоках. Возникает вопрос, не следует ли прежде всего избежать критических уровней основного потока, который приведет к нормированию стока основного русла. Данная ситуация имеющаяся и побуждала к выискиванию.

Выполнить исследование данных обследования территорий бассейна р. Тисы, на основе чего осуществить:

- изучение морфометрических и гидравлических характеристик р. Тисы;
- определение максимальных расход притоков;
- определение величины стока рек бассейна р. Тисы;
- подготовку основы для оценки будущих изменений уровня дна (эрозия/отложение).

Целью есть – осуществление топографо-геодезического анализа в выискивании наиболее совершенной математической модели для определения величины максимальных потоков, которые можно пропустить через русло реки, исходя из данных водомерных постов. Это предоставит возможность



лежат по правую сторону: Боржава, Река, Тересва, Тербля. Реки Уж и Латорица впадают в р. Лаборец – приток р. Тисы второго порядка на территории Словакии. р. Боржава ведет начало возле с. Стой. На участке от с. Керецки к с. Длинное долина р. Боржавы пересекает Завигорлатскую котловину. Особенностью морфологии долины р. Боржавы есть резкое ее расширения и значительная аккумуляция отложений в верховье и вклинивание террас вниз по течению. На выходе из гор долина теряет самостоятельный характер и становится частью морфологии долины р. Тисы.

Река Шопурка – правый приток р. Тисы – образовывается от слияния Малой Шопурки и Средней Реки, которые ведут начало на юго-западном склоне хребта Свидовец, на высоте 1580м БС. Течет река по узкой глубокой долине, склоны которой почти полностью покрыты лесом. Длина р. Шопурки 13км (вместе с Малой Шопуркой 41 км), площадь водозабора 283 км<sup>2</sup>. Река горного типа. Ширина бассейна 8-10 км, крутизна склонов 20-40, падение русла 26 м/км. Скорость течения в границу 2-3 м/с. Дно неравное каменистое и галечное. Бассейн реки симметричный, грушевидной формы, расположенный на юго-западных склонах Верховинского водороздельного хребта. Возле 80% площади бассейна занимает горная область с отметкой 600м абс. Схема участки реки изображена на рисунке 3.

Река Косовская ведет начало с горного озера, расположенного на южных склонах хребта Свидовец, на северо-запад от горы Котел Вельки, впадает в р. Тису на 931-ом км от устья, в с. Лур. Водозаборный бассейн расположен на южных отрогах хребта Свидовец и представляет собой цепь горных хребтов с округлыми вершинами, отметки которых меняются от 360 до 1880 м (гора Близница).

Данные гидрологических постов можно проследить по данным гидрометрических наблюдений путем анализа зависимостей между расходами и уровнями воды за многолетний период –  $Q(H)$ . Так, сравнение изменений этих зависимостей вследствие русловых деформаций за 1950-2002 гг. свидетельствует, что на некоторых горных реках Карпатского региона происходили довольно значительные размывания и намывания русла. Нередко эти процессы имеют

разносторонний характер. При этом одни и те же расходы воды проходят при уровнях, которые отличаются на 0,5-1,3 м (Тиса).

Управление процессом пропуска паводка на современном этапе требует организации постоянно-действующей системы наблюдений за факторами, которые влияют на гидрологические характеристики рек, системы накопления и оперативной обработки первичной информации и на их основе, базируясь на моделировании речных процессов, прогнозирование возможных гидрологических ситуаций как на отдельных участках, так и по бассейне реки в целом.

Прежде всего следует отметить, что долгосрочные точные прогнозы невозможны из-за случайности климатических проявлений. Природа вероятности есть настолько разносторонней, что невозможно найти явление, которое бы не несло случайности. Поэтому имеющаяся она и в математических уравнениях, которые отображают объективно существующую реальность в виде моделей.

Пусть, имеем сеть с  $n$  истоков притоков и одним стоком  $p$ . Тисы и пусть дуги притоков будут иметь ограниченную способность. Необходимо найти такие потоки по руслам притоков, которые сформируют максимальный поток, который отвечает потоку русла  $p$ . Тисы во время ситуации паводка.

Используем метод меток, зафиксировав некоторое допустимое значение зависимости  $Q(h)$ . Узлы рассмотрим как промежуточные водомерные посты реки, а дуги – как распределительные каналы.

Пусть метку водомерного поста будем использовать для установления величины  $Q$  и источника притоки или самой реки, которая влияет на изменение стока по реке.  $qj$  – величина потока из узла  $u$  в узел  $j$  и это вызывает увеличение потока по этой дуге, то будем принимать, что узел  $j$  мечен из узла  $u$  символом  $(+qj)$ . Узлу  $j$  припишем метку  $[+qj, i]$ . Если  $qj$  единиц потока вызывают уменьшение потока по дуге, то узел  $j$  мечен из узла  $u$  символом  $(-qj)$ , тогда узлу  $j$  приписывают метку  $[-qj, i]$ .

Для определения величины  $q \max_{i,j}$  снова нужно найти минимальное сечение, который отделяет узлы  $u$  и  $j$ , то есть  $(P, \bar{P})_{i,j}$  с минимальной пропускной способностью. Далее выбираем вторую пару узлов, которая принадлежит  $P$ , или  $\bar{P}$ , и построим сеть. Далее методом меток определим второй сечение и построим новую сеть и так далее.

Из публикации [27] можно проследить, как менялись зависимости  $Q(H)$  за последние 50-55 лет в створах гидрологических постов бассейна Тисы: Черная Тиса – с. Ясиня (площадь водосбора  $F = 194 \text{ км}^2$ ), Тересва – с. Устье Черная ( $F = 572 \text{ км}^2$ ) и Тересва – с. Нересница ( $F = 1100 \text{ км}^2$ ). Такие изменения зависимостей между уровнями и расходами воды отображают последовательность русловых деформационных процессов на участке близ гидрологического поста, а не обязательно только в створе поста. При этом следует отметить, что эти процессы не имеют односторонней направленности. Даже, если за весь 50-летний период в общем состоялось, например, размывания русла, то в отдельные года могут наблюдаться неодинокные нарушения хода этого процесса [26].

На р. Черная Тиса возле Ясини руслодеформационные процессы проявляются в том, что на участке поста происходят размывы и намывы русла. А ниже поста все время хранится тенденция к повышению дна русла. Этот процесс усиливается отложением твердого материала, который выносится левым притоком Лазещина, что впадает в Черную Тису, которая на 20-30 м ниже поста Ясиня. Вследствие действия этих процессов за последние 40-50 лет зависимость  $Q(H)$  в 2002 г. заняла положение на 0,6-1,2 м ниже предыдущего. А в отдельные года во время паводков наблюдалось временное возвращение русла к предыдущему стану [13].

Своеобразного характера нередко приобретают также процессы переформирования русла на речных участках, где наблюдается поступления отложений из окружающей территории. Так, на р. Тересва возле гидрологического поста Устье Черная во время паводков происходило размывание дна русла, а пойма реки заполнялась селевым материалом и отложениями, которые попадались вследствие перенесения из участками, что размещены выше. Таким образом происходили одновременно (на протяжении одной группы лет) разносторонние процессы.

Интенсивно происходили деформационные процессы на низшем участке р. Тересва – возле с. Нересницы. В створе поста и ниже его по течению наблюдались постепенные размывы русла и вынесение отложений. Вследствие этих процессов одни и те же расходы воды, проходят здесь рекой за уровнем воды, низших на 0,6-0,9 м, чем это было в 1950-1960 гг.

Определение характерных уровней воды через расходы соответствующей вероятности имеет большее преимущество относительно достоверности результатов, чем применение статистических методов к многолетним последовательностям уровней, поскольку последние не всегда однородные вследствие нестабильности условий перемещения водных масс. Анализ изменений зависимостей между расходами и уровнями воды позволяет оказывать и даже количественно оценить интенсивность русловых деформаций и стойкость речных русел.

Обработаны бассейны рек Боржава [28], Шопурка, Тересва, Косовская и русла р. Тисы в пределах г. Рахова [1,5]. Эти территории есть приоритетными при изучении, так как формируют дальнейший сток реки. Предложено применения вероятного математического моделирования характеристик затоплений, которое позволит усовершенствовать методическую базу в области гидрологических расчетов и прогнозирования, предоставит широкие возможности для более глубокого изучения сложного механизма стокообразования, которое происходит на водосборе р. Тисы и притоках. Анализ полученных данных позволяет определить зоны и уровень затопляемости поймы р. Тисы во время паводков разной водообеспеченности.

Результаты выискиваний позволяют значительно уменьшить твердый сток, привести водосток к нормы, которая существовала к катастрофическим паводкам, повысить экологическую надежность берегов, эффективность регулирования стока на международном уровне [26].

## **5.2. Использование экстраполяции для усовершенствования методов прогнозирования**

Максимальный сток относится к разряду катастрофических явлений природы. Самое большое значение имеет по обыкновению максимального расхода, который определяет высоту поднятия уровня воды, то есть зону затопления, скорость течения, размывающую способность потока в целом. При расчете максимального стока использовали биномиальные кривые, а также

кривые трехпараметрического гамма-распределения или при расчетах дождевых паводков логарифмически-нормальные кривые обеспеченности. Р.П. Калинина [29-31] предложил использовать обобщенные кривые обеспеченности, которые отображают характерные условия формирования для конкретного региона максимального стока рек. Эти методы также не дают точного результата и являются усредненными. Они не отображают частичных особенностей определенного расчетного водосбора. Е.В. Болдаков предложил экстраполяцию биномиальных кривых обеспеченности к определенному стоку, который отвечает нулевой обеспеченности. Эту границу выбирают произвольно, так как по обыкновению очень тяжело получить его физическое обоснование. В результате расходы воды малой обеспеченности могут быть преувеличены по обеспеченности на целый порядок. Более корректно задача об определении расчетных значений паводкового стока может быть развязана путем использования образа композиции распределения вероятностных максимумов стока по распределению вероятностей определяющих его факторов (С.Н.Крицкий, М.Ф.Менкель) [29, 32]. Недостатком такого метода является наличие коррелятивной зависимости между факторами и отсутствие достаточно надежных кривых обеспеченности этих факторов, которая усложняет использование. В 1990 году создано распределенную концептуальную модель на основе уравнения Сен-Венана. С 2002 года используют распределенную модель на основе ГИС данных бассейна в частности р. Тиса. О.І. Лукьянец и М.М. Соседко [29, 33] рассмотрели научно-методические принципы создания бассейновых прогностических систем. На примере бассейна р. Тисы они показали применение математических моделей формирования стока воды как основы методической базы системы и ее функциональных составляющих.

На данное время проблема прогнозирования потоков русла и математического моделирования оптимизации режима работы противопаводковых систем в условиях Закарпатья остается одной из наиболее важных задач. Оценка параметров подтоплений и затоплений имеет научное и практическое значения.

Наиболее распространенными методами прогнозирования на сегодня есть экспертиза и фактографические методы. Чаще всего на практике используются



экстраполяция, интерполяция, тренд-анализ, которые есть недостаточно обработанными в решении проблемы затопления территории Закарпатья с точки зрения прогнозирования случайной составляющей моделирования процессов формирования стока в экстремальных ситуациях паводка. Не всегда исследования базируются на расчетах средствами программного обеспечения ЭВМ, что есть необходимым для более точного и срочного решения ситуации. Следует, также, остановиться на удобстве и эффективности интерполяции, которая дает возможность определить предельные условия, описать зависимости с разрывами функций и их производные, правильно организовать введение и вывод данных при математическом моделировании, выполнить анализ полученных результатов, сравнить результаты с экспериментальными данными.

Цель исследования – разработать математическое обеспечение для анализа условий и процессов формирования паводкового стока. Проверить расчетами достоверность результатов и осуществить научное обоснование прогнозирования возможных зон затоплений с учетом вероятности процесса формирования стока.

На основании имеющихся материалов на участок проведения мониторинга [5-8] выполнены гидравлические расчеты прохождения паводков разной водообеспеченности (1 %, 5 %, 10 %) и получено такие характеристики: горизонты поверхности воды, скорости течения в русле и на заплавах (табл. 5.1).

Таблица 5.1.

Характер затопления поймы р. Тисы паводком с расходами 1 % водообеспеченности в пределах р. Рахова

Номер поперечника ПК+	Планирование затопления (сторона); м	Ширина затопления (сторона); м	Наличие защитных сооружений	Характеристика поймы
ПП 50 – ПП 47 ПК62+77...ПК59+87	обеих бровок	-	-	-

ПП 47 – ПП 46 ПК59+87...П К58+01	левой бровки – до 2,6	левой бровки – до 35	-	свободная от застройки, поросла кустарником
ПП 46 – ПП 45 ПК58+01...П К56+53	левая бровки до 1,3	левой бровки до 80	-	свободная от застройки, поросла кустарником
ПП 45 – ПП 41 ПК56+53...П К51+91	левой бровки – до 2,0 правой - до 0,3	левой бровки – до 80 права – до 30	на правом берегу – подпорная стенка	левая – буровые скважины водосбора, права – пролегает автодорога
ПП 41 – ПП 37 ПК51+91...П К47+63	левой бровки – до 2,0	левой бровки – до 80	на правом берегу – защитная дамба, укосное габионовое крепление	левая – расположенные буровые скважины водозабора
ПП 37 – ПП 35 ПК47+63...П К46+23	обеих бровок	-	на обоих берегах – защитные дамбы, укосное габионовое крепление	-
ПП 35 – ПП32 ПК46+23...П К42+58	обеих бровок	-	на левом берегу – защитная дамба с креплением, на правому – подпорная стенка	-
ПП 32 – ПП 29 ПК42+58...П К39+78	обеих бровок	-	на левом – защитная дамба, укосное габионовое крепление	-
ПП 29 – ПП	правой –	правой	на левом берегу –	права – пролегает

28 ПК39+78...П К38+70	бровки до 0,3	бровки – до 30	защитная дамба с креплением, на правом – подпорная стенка	автодорога
ПП 28 – ПП 26 ПК38+70...П К 36+37	левой бровки – до 1,5 правой – до 0,6	левой бровки – до 110, правой – до 30	на правом берегу – подпорная стенка	левая – застроенная; права – пролегает автодорога
ПП 26 – ПП 18 ПК36+37...П К28+49	левой бровки – до 1,7	левой бровки – до 170	подпорные стенки на обоих берегах	левая – промышленная и жилая застройки
ПП 18 – ПП 15 ПК28+49...П К25+53	левой бровки – до 1,7	левой бровки – до 150	на левом берегу – укосное крепление замощиванием, на правом – подпорная стенка	левая – промышленная и жилая застройки
ПП 15 – ПП 13 ПК25+53...П К23+25	левой бровки – до 1,7	левой бровки – до 150	подпорные стенки на обоих берегах	левая – промышленная и жилая застройки
ПП 13 – ПП 3 ПК23+25...П К3+58	левой бровки – до 1,8 правой – до 1,9	левой бровки – до 150 права – до 220	на левом берегу – укосное крепление	промышленная и жилая застройки
ПП 3 – ПП 1 ПК3+58...ПК	левой бровки –	левой бровки	на левом берегу – укосное крепление	свободная от застройки

0	до 0,8	– до 50		
---	--------	---------	--	--

\*Данные Государственного проектно-поискового института «Львовдипроводхоз»

В основе расчетов лежат вымеренные расходы воды в период свободного русла. Используются такие зависимости [22, 29]:

$$Q = Q(H), \quad (5.1)$$

средних скоростей:

$$v = v(H) \quad (5.2)$$

и площадей водного сечения:

$$w = w(H). \quad (5.3)$$

В период паводка нужно осуществить экстраполяцию кривой  $Q = Q(H)$  и это является необходимым условием при проектировании гидротехнических сооружений, когда прогнозируемые уровни превышают высокие уровни воды.

Экстраполяция предполагается надежной, если кривая  $Q = Q(H)$  возрастает до  $0,2((H_{\max} - H_{\min}))$  и спадает до  $0,5((H_{\max} - H_{\min}))$ .

В частности, в этом исследовании использована экстраполяция за Фрудом. Использованы данные измерений и определено число Фруда:

$$Fr = \alpha v^2 / (gh_{m1}), \quad (5.4)$$

где  $\alpha$  – коэффициент Кориолиса, который приравнивают до 1.

Построим график зависимости  $Fr = Fr(H)$ . Эта зависимость будет приближаться к линейной. Экстраполируя ее к необходимому уровню, вычислим среднюю скорость потока:

$$v = \sqrt{Frgh_{m1}}, \quad (5.5)$$

где расход воды:

$$Q = wv. \quad (5.6)$$

В некоторых случаях целесообразно для экстраполяции использовать формулы Шези (или продолжив кривую, или экстраполируя по кривым  $w = w(H)$  и  $v = v(H)$ ).

Примеры реализации

Таблица 5.2.

Результаты вычислений скорости течения реки

<b>Номер поперечника</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Скорость, м/с										
средняя в русле	3,74	2,93	3,21	3,81	3,84	3,36	3,37	3,32	3,21	3,81
максимальная в русле	5,78	4,53	4,98	5,90	5,94	5,19	5,22	5,15	4,96	5,89
Средняя в пойме 1	0,00	0,93	0,00	0,73	0,00	0,73	0,91	0,54	0,00	0,00
максимальная в пойме 1	0,00	1,53	0,00	1,23	0,00	1,28	1,51	0,91	0,00	0,00
средняя в пойме 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,41	0,14	0,01	0,43	0,46
максимальная в пойме 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,70	0,25	0,03	0,75	0,80
средняя между пунктами	3,81	2,77	3,34	3,55	3,27	2,29	2,58	2,86	1,73	2,00
<b>Номер поперечника</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15(1)</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
Скорость, м/с										
средняя в русле	3,77	3,88	3,98	3,34	3,79	3,12	3,37	3,68	4,08	3,72
максимальная в русле	5,83	6,00	6,15	5,14	5,88	4,81	5,20	5,68	6,28	5,74
средняя в пойме 1	0,45	0,12	0,22	0,28	0,00	0,00	0,72	0,59	0,49	0,49
максимальная	0,76	0,22	0,40	0,49	0,00	0,00	1,20	1,00	0,83	0,84

в пойме 1										
средняя в пойме 2	0,30	0,11	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
максимальная в пойме 2	0,54	0,21	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
средняя между пунктами	2,66	3,28	3,19	2,79	10,68	3,52	2,75	2,86	3,15	2,86
<b>Номер поперечника</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>27(1)</b>	<b>27(2)</b>
Скорость, м/с										
средняя в русле	3,52	3,76	3,91	3,39	3,30	4,13	4,76	4,09	4,57	3,44
максимальная в русле	5,44	5,82	6,05	5,24	5,11	6,38	7,36	6,30	7,05	5,30
средняя в пойме 1	0,21	0,17	0,04	0,30	0,26	0,00	0,28	0,52	0,70	0,54
максимальная в пойме 1	0,38	0,30	0,08	0,53	0,45	0,01	0,50	0,88	1,17	0,91
средняя в пойме 2	0,00	0,00	0,10	0,31	0,36	0,00	0,00	0,97	1,22	1,30
максимальная в пойме 2	0,00	0,00	0,18	0,52	0,62	0,00	0,00	1,55	1,95	2,05
средняя между пунктами	3,30	3,81	4,94	2,82	3,50	4,31	5,25	3,78	6,30	2,23
<b>Номер поперечника</b>	<b>27.3</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>
Скорость, м/с										
средняя в русле	3,58	4,07	2,96	2,74	3,45	3,52	4,58	2,60	2,75	3,53
максимальная	5,51	6,27	4,57	4,24	5,34	5,44	7,09	4,02	4,26	5,48

в русле										
средняя в пойме 1	0,38	0,33	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
максимальная в пойме 1	0,64	0,57	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
средняя в пойме 2	1,39	1,41	1,09	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
максимальная в пойме 2	2,19	2,23	1,73	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
средняя между пунктами	2,89	4,15	3,00	3,03	3,46	3,98	5,59	2,68	3,10	3,88
<b>Номер поперечника</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>
Скорость, м/с										
средняя в русле	4,29	4,37	3,74	3,64	2,91	2,99	3,00	3,22	3,55	3,50
максимальная в русле	6,66	6,77	5,78	5,62	4,49	4,63	4,65	5,00	5,49	5,43
средняя в пойме 1	0,00	0,00	1,07	1,13	0,83	0,90	0,92	0,80	0,63	0,00
максимальная в пойме 1	0,00	0,00	1,76	1,86	1,37	1,49	1,52	1,34	1,07	0,00
средняя между пунктами	4,33	4,88	3,52	3,67	2,30	2,36	2,47	2,71	3,17	3,56
<b>Номер поперечника</b>	<b>47</b>	<b>48</b>								
Скорость, м/с										
средняя в русле	3,62	5,36								
максимальная	5,61	8,29								

в русле										
средняя между пунктами	4,32									

На основе чего были осуществлены нанесения на схему границ прогнозируемого затопления территории исследования.



Рисунок 5.2. Схема характера затопления поймы р. Тисы паводком с расходами 1 % водообеспеченности в пределах г. Рахова

Анализ полученных данных [22, 29] позволяет определить зоны и уровень затопляемости поймы р. Тисы во время паводков разной водообеспеченности.



Характеристику прохождения паводка 1 % водообеспеченности с точки зрения подтопления территории г. Рахов приведено в табл. 5.2.

Следует отметить, что данный метод дает прогнозную точечную оценку и более эффективно используется при краткосрочном прогнозировании. Преимущество данного метода заключается в том, что он простой в применении и не требует большой информационной базы.

Научные принципы и методические расчеты могут быть використані проектними інститутами. Обобщение полученных результатов позволит усовершенствовать расчеты определения зон возможных затоплений, разработать элементы комплексного программного обеспечения автоматизации информационно-измерительной системы.

### **5.3. Оценка территории зон возможного затопления бассейна р. Тисы**

Большая часть территории Закарпатья расположена в пределах двух орографических районах, которые находится в горах и предгорье Карпат, сдacha (почти 2 500 км<sup>2</sup>, 25% территории) на Венгерской равнине. С этими орографическими особенностями связан водный режим рек во время паводков. Значительные склоны горной местности предопределяют быстротечное развитие паводков, подъемы уровней достигают 1,5-2,5м за 3-4 часа. Одновременно происходит быстрый сброс паводковых вод из горных приток к речной долине Тисы и понизовья ее протоков, которые находятся на низменности и соединенные многочисленными каналами мелиоративных систем. Поскольку реки на равнине имеют малые склоны, паводковые воды затапливают значительные площади, если не обеспечивается их своевременный отвод. Именно естественные факторы вызвали опасные паводки 1700, 1730, 1805, 1864, 1887, 1900, 1911, 1926, 1933 и 1941 лет. Однако же, по крайней мере, на протяжении последних 50 лет антропогенные факторы все более большей мерой определяют возникновение паводковых катастроф [1].

Процесс пропуска паводка в бассейне р.Тисы, особенно в горных районах, требует наблюдений за факторами, которые влияют на гидрологические характеристики рек.



Рис 5.3. Изображение р.Тисы в период убыли воды

Выявление пространственных закономерностей формирования максимального стока, определение максимального расхода и разработка рекомендаций по применению методов инженерно-гидрологических расчетов на реках бассейна с учетом наиболее современных данных наблюдений и специфики естественных условий региона.

В административном отношении участок выполнения выискиваний находится в Закарпатской области в р. Рахов в пойме р. Тиса. На участке, что рассматривается, р. Тиса течет в юго-западном направлении по узкой долине, сжатой высокими стремительными склонами, сохраняя горный характер. Пойма исследуется на отдельных участках узкой полосой 30-50 м, и лишь в нижней части р. Рахов расширяется до 400-500м. Поверхность ее ровная с незначительным склоном к реке в приустьевой части заросшая вербами и ольховыми кустами, составленная суглинистыми грунтами с примесью гальки, используется под земельные участки сельскохозяйственного использования. Русло извилистое, неразветвленное, глубиной 0.7-2.0 р. Скорость течения 1,4-2,0 м/с. Дно неровное, составленное из камня диаметром 15-25 см, заставленное большими камнями и валунами. Берега крутые, местами обрывистые, высотой 2-4

м, наблюдается значительная эрозия. Характерной особенностью уровня режима есть то, что максимальный уровень воды (паводок) может наблюдаться в любую пору года. В среднем за год наблюдается 8-10 паводков.

Выполнено обследование участка местности от автодорожного моста через р. Тису в южной части г. Рахова к слиянию рек Белая Тиса и Черная Тиса. Проведена геодезическая съемка русла реки на протяжении 6,3 км. В процессе работы установлены 50 поперечников через реку с привязкой створов к координатной системе и упрочением их на местности [1, 5, 15, 16] и отметки в конце поперечников для повторных обследований. Осуществленная подгонка топографического обследования к местной геодезической системе координат.

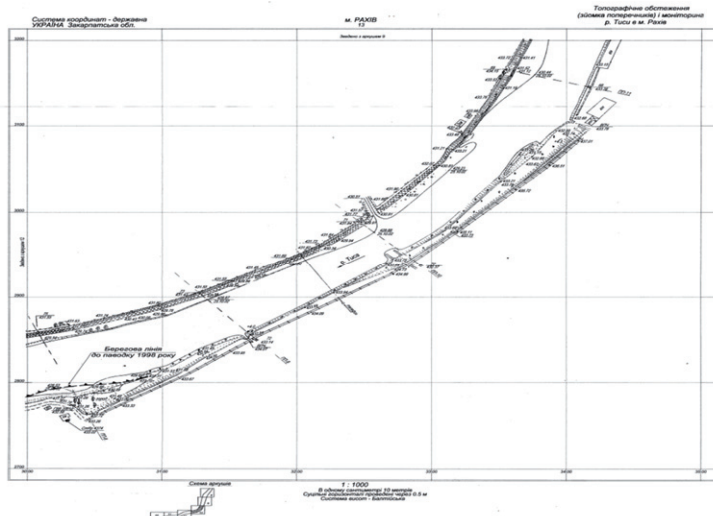


Рис 5.4. Схема р. Тисы на территории р. Рахов с разбивкой поперечников

На участке, где проводилось исследование, р. Тиса имеет горный характер, средний уклон равняется 0,0051. Долина реки асимметрическая, в верхней части (от слияния Черной и Белой Тисы к автодорожному мосту в центральной части р. Рахов) больше развита в сторону левого берега, ниже по течению – в сторону правого берега. Пойма реки двусторонняя, повышается над меженным горизонтом на 1,5...4,5 р. Русло реки слабовивисное, ширина его колеблется от 35 до 90 р. В геологическом отношении участок расположен в юго-западной части района альпийского и средне горного рельефа антиклинальных горных групп

Свидовца. В геологическом строении исследуемого участка работ на разведанную глубину принимают участие техногенные, современные аллювиальные и нижнемеловые отложения [5, 16].

Наблюдение и анализ данных исследований показывают, что возникновение паводков, наводнений наступает в основном в результате ряда естественных факторов:

- большая скорость течения воды в следствие значительной крутизны склонов;
- сложная гидрометеорологическая ситуация (количество осадков выше нормы, большая интенсивность и продолжительность) после влажных лета и осени, которые вызывают уменьшение воды поглощающей способности поверхности;
- геолого-орографические и гидрологические условия, которые приводят к формированию обвалов и селей в горных районах;
- снеготаяние на верхних частях горных склонов при повышении температуры воздуха и предыдущих снегопадов;
- высокая влажность рек перед паводком;
- особенности гидрогеологических условий, которые уменьшают сцепление отдельных частей пород в условиях активного влияния гравитационных сил;
- снижение прочности пород на склонах в связи с них выветриванием;
- нестойкость отдельных частей горных массивов в следствие сейсмической активности недр и их неравномерной напряженности по отдельным тектоническим зонам и узлам в комплексе с активными эрозионными процессами.

Исследуемый район находится в наиболее высокой части Украинских Карпат – Полонинско-Черногорских Карпатах. Средние высоты здесь превышают 1500 м, а максимальные – 2000 м. Восточным орографическим продолжением наивысшего Полонинского хребта есть горный массив Свидовец с максимальной высотой 1880 м. (р. Близница), что расположен между Тересвой и Черной Тисой, и наивысший и самый большой массив Черногора между Черной Тисой, Белой Тисой и Черным

Черемошом. На этом горном массиве есть семь вершин, высота которых большая 2 тыс. р., наивысшая среди них Говерла (2061 м).

Современный этап развития рельефа характеризуется общими неравномерными поднятиями, которые вызвали врезание гор в коренные породы и аллювиальные отложения предыдущих этапов, интенсивный размыв нижней части склонов. Эрозионно-аккумулятивная работа рек и временных горных потоков, плоскостной смыв и яровая эрозия, сдвиги, обвалы, осыпи, а также физическое выветривание – главнейшие внешние факторы и явления в развитии современного рельефа [1, 16].

Поскольку рельеф Украинских Карпат оформился на протяжении неоген-антропогена, неотектоника есть здесь решающим морфо генетическим фактором. Более поздние движения имели дифференцированный характер и отображали зональный характер структуры Украинских Карпат. Самые большие амплитуды поднятия достигли в юго-восточной части Внутренней зоны (Свидовец, Черногора, Раховский массив), а амплитуда вертикального расчленения достигает 1000 – 1500 р. Свыше 1000 м достигают относительные высоты на отдельных участках Подольского хребта. О значительных болле поздних движениях свидетельствуют и морфологические особенности речных долин – верховье Тисы образуют глубокие долины, которые местами приобретают вид ущелий.

Река Тиса образовывается от слияния Черной и Белой Тисы за 4 км выше р. Рахов. Черная Тиса ведет начало на северо-восточном склоне хребта Свидовец на высоте 1400 р. Длина ее 49 км, площадь бассейна 567 км<sup>2</sup>. Бассейн Черной Тисы целиком лежит в горной местности, которая определяет горный характер режима и строения долины реки. Долина ее глубокая, слабоизвилистая. Белая Тиса ведет начало на юго-западном склоне Черногорки на высоте 1650м и течет в широтном направлении с востока на меру, отделяя своим руслом Черногору от Раховского массива. Долина глубокая, узкая, слабоизвилистая, с крутыми за облесенными склонами, часто скалистыми. Длина ее 19 км, площадь водосбора 489 км<sup>2</sup>. От места образования р. Тиса течет в юго-западном направлении по узкой долине, сжатой высокими стремительными склонами. Долина реки в данном районе асимметрична шириной долины в г. Рахов 0,4 – 0,5 км. Пойма реки двусторонняя высотой 1,5 – 2,5 м над урезом воды. Поверхность поймы равнинная, местами

слабоволнистая. Первая надпойменная терраса прослеживается фрагментарно. Высота террасы 3-4 м. Русло слабоизвилистое шириной 20-70 м. Поверхность поймы во время наводнений и паводков затопливается [1].

В геоморфологическом отношении исследуемый участок размещен в пределах внутренней антиклинальной зоны Карпат Полонинско-Черногорской области в районе альпийского и среднегорного рельефа антиклинальных горных групп Свидовца и Черногорки. Свидовец является продолжением Полонинского хребта. Южный склон Свидовца расчленен глубокими долинами рек – притоков р. Черная Тиса. Черногора объединяет наивысший горный массив Украинских Карпат. Она занимает Черногорскую тектоническую зону, осложненную складчатостью. Гребень водораздельного хребта принадлежит к зоне наиболее стойких меловых песчаников и конгломератов.

В пределах флицевых Карпат выделяют несколько покровных флицевых структур: Черногорскую, Поркулецкую, Дуклянскую, Мазурскую и Раховскую. Все они – покровные чехлы, составленные меловым и палеогеновым флицем. Перечисленные структурные единицы различаются между собой строением флицевых отложений, которые их составляют, и некоторыми морфологическими особенностями складчатых и разрывных дислокаций. Исследуемый район принадлежит Поркулецкому покрову – крупнейшей структурной единице Флицевых Карпат Закарпатье. Ее покровное строение четко прослеживается по Петровском тектоническом полуостанцеви, который свидетельствует о надвиге покрова на север по меньшей мере на 12 км. Восточная часть покрова (Белотисенский участок) характеризуется общим поднятием, и в ее границах отслаиваются только меловые толщи [1, 16].

Исследуемый участок размещен в Черногорской зоне Флицевых Карпат. На северо-востоке по региональной надвижке она надвинута на Скибовую зону. Из юго-запада на нее надвинута Раховская зона. Тектоническое лицо зоны определяется большими лускуватыми структурами, ограниченными из северо-востока стремительными разрывами, которые спадают на юго-запад. В ядерных и передних их частях развиты сильно измятые породы нижнего мела, на юго-западных пологих крыльях – более молодые отложения верхнего мела. Здесь выделяется комплекс песчаного и песчано-глинистого флища представленного

грубослоистыми и массивными серыми песчаниками с прослойками алевролитов и аргилитов. Мощность их больше 800 р. На склонах развиты нерасчлененные элювиальные и элювиально-делювиальные щебенисто-глинистые отложения мощностью до 5 р. Современные аллювиальные отложения составляют первую надпойменную террасу, пойма и русло. Представлены они галечными отложениями с включением валунов. Район выискиваний характеризуется сейсмичностью 7 баллов, по сложности инженерно-геологических условий участок работ относится к II категории [1, 16].

На основе анализа поперечников можно сделать выводы, которые ПП-5 размещены в нижней части участка. Река Тиса здесь протекает вдоль склонов, имеет расширенную долину, ширина русла 50 м. Скорость течения меньше чем в более узких местах, поэтому происходит аккумуляция обломочного материала. Мощность галечного грунта по всей ширине русла 1,0 -1,4 м, максимальная мощность в центральной части русла.

На основании изучения материалов геодезических снятий предыдущих лет, сравнение их с материалами геодезических выискиваний 2002 р., обследование участка после паводков 1998 и 2001 гр., определен характер эрозионных процессов в русле Тисы в пределах г. Рахова [1, 15]:

- между ПП-41 и ПП-35 паводками 1998 и особенно 2001 р. на правобережной пойме было затоплено кладбище и жилой сектор пластом до 1,7 м;
- между ПП-39 и ПП-35 в 1998 р. имели место сильные эрозионные процессы: боковая эрозия с размывом берега представляла до 15 м, а размыв дна возле левого берега – до 3 р. В 1999-2000 гр. здесь укрепили берега габионовыми ящиками. В паводок, вследствие сильного размыва дна (до 4,3 м) состоялось частичное разрушение участка незавершенного строительства и размывания левого берега до 5 р. В 2001-2002 гр. между ПП-38 и ПП-32 построено левобережную защитную дамбу с креплением откоса и подошвы русла габионами;
- между ПП-35 и ПП-33 паводком 1998 р. был размыт правый берег на протяжении 350 р. При этом повреждены жилые дома и отрезок автодороги Мукачево-Рогатин. Паводок 2001 р. вызвал сильный размыв

дна возле правосторонней подпорной стенки (до 1,8 м), что направило течение к правому берегу и послужило причиной размыва дна в створе ПП-33...ПП-32;

- между ПП-32 и ПП-29 на левом берегу паводок 1998 р. начал, а паводок 2001 р. значительно усилил активные эрозионные процессы. Состоялся размыв левого берега до 25 м с разрушением зданий, при этом донный размыв достигал 3,5 м, практически все меженные расходы шли вдоль левого берега, а вдоль правого берега наблюдалось отложение наносов. Здесь нужно ожидать развития донной эрозии центральной части русла и отложение наносов возле левого берега между запрудами;
- между ПП-29 и ПП-27 имеет место донная эрозия (до 1 м в сравнении с 1984 р.), которая постепенно продвигается вверх по течению. Развитие эрозии ограничивает выход на поверхность в районе ПП-28 скальных грунтов. Паводком 1998 р. напротив водозабора картонной фабрики было размывто длиной 120 м дорогу Мукачево-Рогатин;
- в пределах ПП-18 вдоль 30 м полностью разрушено левобережную подпорную стенку. При прохождении паводка 2001 р. в этом месте был размыв левый берег;
- в створе автодорожного моста центра Рахова с 1978 г. дно понизилось на 1,04 м. Большой местный размыв (до 3,5 м) наблюдался возле левой промежуточной опоры при прохождении паводка 2001 р. Существующие подпорные стенки имеют недостаточную глубину закладки фундаментов и понижение дна угрожает их стойкости. Паводком 2001 р. ниже ПП-13 (возле края базара) на протяжении 25 м была разрушена левобережная стенка и сейчас существует угроза боковой эрозии берега;
- между ПП-8 и ПП-7 паводка 1998 и 2001 гг. послужили причиной размыва дна до 2 м и берега на протяжении 60 м до 12 м, состоялся звал течения под углом 80° от левого берега;
- между ПП-7 и ПП-6 паводок 1998 р. разрушил крепление правого берега на протяжении 150 м. Начался размыв берега, что усилило паводок 2001 р. Общий размыв берега состоялся на глубину до 15 м, что привело к разрушению административного дома и хозяйственных сооружений



Раховской ПМК, расположенных в непосредственной близости от края берега.

На основании совершенного изучения инженерно-геологических условий исследуемой территории на участке между ПП-17 и ПП-34 видно, что современные аллювиальные отложения представлены галечным грунтом с песчаным заполнителем и с включением валунов от 20% до 40%, на террасе местами они перекрыты суглинками с включением гальки до 30% мощностью 1,1 – 1,4 м или насыпным грунтом мощностью до 2 р. Валунно-галечный материал образован из песчаников и алевролитов разной степени окатаности. Средний диаметр меняется от 131 до 187 мм. Современные аллювиальные образования подстилаются отложениями нижнего мела ( $K_{1rh}$ ), которые представлены ритмической переслойкой песчаников, алевролитов и аргиллитов, в верхней части разреза сильно выдохшихся. Мощность выдохшейся зоны в русле реки 0,4 – 0,6 р. Долина реки на пологих участках продольного профиля расширена, склоны долины более пологие, террасированные (ПП-5, ПП-34). Здесь рядом с донной проявляется боковая эрозия, происходит разрушения берегов. Мощность аллювию увеличивается. На участках, где река пересекает горный хребет, долина сужена, увеличивается склон профиля (ПП-17, ПП-22, ПП-26) [1, 15]. Здесь преобладает донная эрозия, мощность рыхлых отложений имела, а часто река размывает непосредственно коренные породы. В русле преобладает крупно обломочный валунно-глибовый материал.

Отмеченная русловая ситуация удостоверяет о необходимости строительства более надежных берегозащитных креплений (сооружений). Многолетние полевые наблюдения показали, что крепление напорного откоса дамб обвалования недостаточно надежны и по качеству выполнения находятся на крайне низком технологическом уровне (габионовые крепления построены с использованием сетки “рабьца”, что легко разрушается при локальных прорывах). Во многих местах полностью или частично разрушены полузагаты, которые были построены под острым углом против течения. Прорывы дамб обвалования возникли преимущественно в результате размыва подножия на криволинейных участках русла (особенно в местах свала потока). Причиной прорывов некоторых дамб обвалования есть влияние подпоров в результате перелива через гребень, размыва

струмененаправляющих сооружений и т.п. Слабыми местами подпорных стенок оказались их основы и места примыкания к берегам (отсутствие подстилок, диафрагм, краевых открьлков). Значительного вреда подпорным стенкам нанесли боковые горные ручейки, которые во время формирования паводков несут большое количество продуктов водной эрозии. Относительно надежно сработало лишь ограниченное число объектов (сооружений). Подбивая итоги описаному можно сделать предыдущие общие рекомендации относительно формирования по длине горных рек благоприятного режима стока воды и наносов в зависимости от типа руслового процесса (типа русла).

Главнейшими современными экзогенными процессами есть: эрозионно-аккумулятивная деятельность рек, плоскостной смыв, ярова эрозия, селевые, сдвижные, обвально-осипные. Эрозо-аккумулятивная деятельность рек определяется особенностями климата, геологического строения, рельефа, новых тектонических движений и растительного покрова. Поперечные долины р. Тисы, Черной Тисы часто становятся узкими, падение русел и скорость течения возрастает, дно долины завалено глыбами песчаников. Наблюдается также интенсивный боковой размыв нижних террас. Плоскостной смыв. Смывные склоны приурочены к песчано-глинистым отложениям мелового флища, имеют крутизну 30°-40°, покрытые маломощными щебенистыми грунтами, местами полностью смытыми. На таких склонах распространенные щебенистые осыпи и эрозионные колдобины, по которым обломочный материал износится вниз. Это усиливает селенебезопасность горных потоков [5, 13].

Селевые явления обусловлены такими естественными факторами: резкая расчлененность бассейнов горных год, значительное падение русл, наличие крутых склонов, слабое денудационная стойкость флицевых толщ, значительная мощность рыхлого материала на склонах, распространение безлесных площадей, большой поверхностный сток. Селенебезопасность в Свидовецкой горной группе, кроме того, усиливается преимуществом в Полонинской и Приполонинской зоне водосборов с крутыми склонами плоскостного стока. Ниже потоки пересекают обвально-осипные склоны. Количество обломочного материала возрастает за счет плоскостного смыва, усиленного лесными вырубками.

Обвально-осыпные процессы распространены в Свидовецко-Черногорской зоне и приурочены к крутым склонам ( $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ ), где отслоение палеогеновые и меловые песчаники. Распространение реликтовых каменных россыпей и осыпей особенно усиливает обвально-осыпные процессы в местах лиса вырубок. На таких склонах восстановления лесного покрова становится невозможным. В долинах Свидовецкой горной группы осипные процессы являются причиной возникновения селей. Глубина залегания коренных пород определялась на четырех поперечниках и на участке водосбора[5, 13].

При проектировании гидротехнических сооружений необходимо избегать мер, которые меняют гидрологический режим реки – при увеличении скорости течения увеличивается интенсивность донной эрозии. Поэтому нельзя снижать местный базис эрозии, суживать и выпрямлять русло, необходимая расчистка русла в случаях возникновения завалов русла реки обвалами, осыпями, сдвигами, селевыми выносами. Необходимо также учитывать, что современные тектонические движения приводят к поднятию территории и, как следствие, к усилению эрозионной деятельности.

На основании имеющихся материалов на участок проведения мониторинга выполнены гидравлические прохождение паводков разной водообеспеченности (1 %, 5 %, 10 %) и получено такие характеристики: горизонты поверхности воды, скорости течения в русле и на заплавах. Расчеты уровней приведены на продольном профиле р. Тисы (рисунок 5.5).



Осуществлена экстраполяция кривой  $Q = Q(H)$  и это является необходимым условием при проектировании гидротехнических сооружений, когда проектированные уровни превышают высокие уровни воды.

Экстраполяция полагается надежной, если кривая  $Q = Q(H)$  возрастает до  $0,2((H_{\max} - H_{\min}))$  и спадает до  $0,5((H_{\max} - H_{\min}))$ . В частности, в этом исследовании использована экстраполяция за Фрудом. Использованы данные измерений и определено число Фруда:  $Fr = \alpha v^2 / (gh_{m_t})$ , где  $\alpha$  – коэффициент Кориолиса, который приравнивают до 1.

Построим график зависимости  $Fr = Fr(H)$ . Эта зависимость будет приближаться к линейной. Экстраполируя ее к необходимому уровню, вычислим среднюю скорость потока:  $v = \sqrt{Frgh_{m_t}}$ , где расхода воды:  $Q = wv$ .

В некоторых случаях целесообразно для экстраполяции использовать формулы Шези.

Также, был использован метод расчетов паводков путем установления тех или других эмпирических связей. Суть его сводится к установлению связи между  $Q_{\max}$  и метеорологическими данными такими, как количество осадков, срок снеготаяния, и в случае ливней – срок роста и убыли волны паводка. Связь между первичными и вторичными факторами режима водного стока устанавливают в результате поисковых работ. Они определяются уровнем воды  $H = F(t)$ , величиной паводка  $Q = F(t)$ , наклоном  $I = F(H)$ , скоростью  $V = F(H)$ , и  $H = F(Q)$ . Причем, все гидрометрические кривые для каждого конкретного створа реки имеют петлеобразное представление. Это есть имеющимся поэтому, что паводок распространяется сверху вниз по течению в виде паводковой волны. При этом в одном и тому же сечении реки и при той же глубине потока на подъеме и убыли паводку свободная поверхность имеет разные наклоны. На подъеме паводка наклон свободной поверхности больший наклону долины, а на убыли наоборот. В связи с этим скорости течения и расходы воды являются большими на подъеме паводку и меньшими на убыли.

На основании полученных материалов на участке проведения мониторинга выполнены гидравлические расчеты прохождения паводков разной обеспеченности (1%, 5%, 10%) и полученные следующие характеристики:

горизонты поверхности воды, скорости течения в русле и на заплавах (средние и максимальные). Анализ полученных данных позволил определить зоны и уровень затопляемости поймы р. Тисы паводками разной обеспеченности. На основании изучения материалов топосъемок предыдущих лет, сравнение их с материалами геодезических выискиваний, обследование участка после паводков 1998 и 2001 лет, определенный характер эрозионных процессов в русле р. Тиса в пределах г. Рахов. Осуществлен анализ проблемы тало-дождевых паводков.

Результаты выискиваний позволят значительно уменьшить твердый сток, привести водосток к нормы, которая существовала к катастрофическим паводкам, повысить экологическую надежность берегов, эффективность регулирования стока.

#### **5.4. Общий анализ, пути и средства решения проблемы тало-дождевых паводков территории бассейна р. Тисы**

До одного из самых зливонебезопасных районов Закарпатья принадлежит бассейн р. Тиса. На этой территории всегда есть потенциальная опасность возникновения паводков. За географическим положением и климатическими условиями территория бассейна реки Тиса принадлежит к зоне активных дождей и соответственно относится к наиболее паводконебезопасных регионов Европы. Здесь наблюдаются частые дождевые и снего-дождевые паводки, которые являются интенсивными и частыми, нередко приобретают разрушительный по своим результатам характер, отмечаются одновременным охватом больших площадей. Украинская часть бассейна реки Тиса находится в Закарпатской области, которая принадлежит к одной из горных регионов страны - Украинских Карпат. Они протянулись на 250 км из северо-запада на юго-восток от верховья Сану к истокам Серета. Остальная, большая часть Карпат, принадлежит Румынии, Венгрии, Словакии и Польши [34].

Бассейн реки Тиса, одной из самых больших приток реки Дунай, занимает площадь 154,4 тыс.км<sup>2</sup>, из них 12,7 тыс.км<sup>2</sup>, или 8,1% принадлежит Украине, 46% - Румынии, 29,6% - Венгрии, 9,9% - Словакии и 6,4% - Югославии. Основная

часть стока р. Тисы формируется на территории трех государств: Румынии - 50,9%, Украины - 25,6% и Словакии - 13,4%. Среднегодовой сток, а также сток 75 и 85% обеспеченности реки Тиса, который формируется в пределах Закарпатской области, соответственно составляет 9,44; 7,31 и 5,07 млрд. м<sup>3</sup>. Исследования свидетельствуют, что водно-гидрометеорологическая нагрузка в Украине в 2-3 раза выше сравнительно с близлежащими территориями, что повышает риск катастрофических паводков. Система горных хребтов Карпат находится на пути перемещения влажных воздушных масс из Атлантики, которые задерживаются горными массивами. Вследствие этого происходит интенсификация ливневых дождей. Они охватывают одновременно значительную территорию нередко 10-30 тыс.км<sup>2</sup>. Суточные количества осадков могут достигать при этом 2-3 месячные нормы - 150-250 мм [34, 35].

Данному региону характерны паводки разного генезиса на протяжении всего года. Они повторяются 4-5 раз на год. Частота их формирования подчиняется определенным закономерностям, которые проявляются в дежурстве периодов повышенной и низкой водности. Именно в период повышенной водности паводки приобретают угрожающий, нередко, катастрофического характера. Дождевые и тало-дождевые паводки, которые формируются на реках области вследствие ливневой деятельности, отмечаются частотой, мощностью и охватом больших площадей. Последние 10 лет отметились прохождением мощных и разрушительных паводков в бассейне Верхней Тисы. Стихия разрушает дамбы и здания, которая приводит к гибели людей, вызывает значительный материальный ущерб. с учетом современного мирового опыта противопаводкового строительства в 2001 году была разработана Схема комплексной противопаводковой защиты бассейна р. Тисы.

В целом по бассейну р. Тисы, с учетом приток воды из Румынской территории, расчетная расхода воды на государственной границе с Венгрией в с. Вилкок уменьшится с 5,8 тыс. м<sup>3</sup>/с до 3,2 тыс. м<sup>3</sup>/с (на 35-40%), а уровень воды – на 100 – 150 см [34, 36]. Принципиально новые технические решения указанной Программы одобренные странами-участницами Водного Форума, который является также важным шагом в решении противопаводковых проблем Притисайских стран. В пределах выполнения противопаводочные меры созданы

автоматизированную информационно-измерительную систему "Тиса" с сетью автоматизированных гидрометеорологических постов, которая обеспечивает оперативное реагирование на развитие паводковой деятельности в бассейне Тисы, своевременное оповещение населения о возможной угрозе затопления. Основным направлением исследований является определение комплексного подхода к прогнозированию и управлению паводковым стоком за счет строительства гидротехнических сооружений, противопаводковых емкостей в горной части области и польдеров – в низменной, которые обеспечивают срезание паводковой волны и уменьшение интенсивности паводкового стока. В частности, во время прохождения сверхвысоких паводков, повторяемостью 1 раз на 100 лет, это позволяет уменьшить максимальный объем стока почти на 550 млн. м<sup>3</sup>/с [34, 35] путем него аккумуляирования. Осуществить создание единого противопаводкового комплекса и прогнозирования паводков и зон затопления для оперативного оповещения всех участников водохозяйственного комплекса бассейна р. Тиса об угрозе возникновения и прохождения паводков. Целью выше сказанного есть активное управление паводковым стоком путем осуществления организационных и инженерных мер на водосборной площади, чего до сих пор не предусматривало ни одно из противопаводковых исследований по Закарпатской области.

Основной задачей исследований является осуществления анализа паводков предыдущих лет бассейна р. Тиса. Рассмотрение путей решения проблемы паводковых ситуаций затопляемых земель Закарпатья. Определение комплексного подхода к прогнозированию и управлению паводковым стоком в бассейне р. Тисы.

Для осуществления надежного управления мелиоративными системами при использовании современных методов оптимизации, передовых средств собирания и обработка информации на ЭОМ, и на них основе оперативных и достоверных прогнозных оценок прежде всего сделаем анализ паводковых ситуаций предыдущих лет. В целом можно заметить, что паводки, как правило, на р. Тисе смешанного происхождения, по обыкновению с преимуществом дождевой составляющей стока. Мартовский 2001 г., характеризуется признаком гидрологического режима рек бассейна Тисы в холодный период года. Подтверждением изменений в прохождении и чудилище следствий высоких



паводков может быть паводок на р. Тиса в декабре 1947 г. с подобными гидрометеорологическими условиями, в частности по количеству и интенсивностью осадков. Близких до этого, годовых максимальных расходах, паводок 1947 г. проходил при меньших горизонтах уровней воды. Затопление и разрушение во время декабрьского 1947 г. паводка тоже было значительным, однако оно происходило преимущественно в естественных условиях разлива рек. Процесс освобождения затопленных территорий от воды происходил синхронно с убылью уровней в реках. Более низкими максимальными уровнями и расходами характеризовались сравнительно значимые весенние паводки, чем это состоялось в марте 2001 года. Из-за редкой повторяемости особым есть мартовский талодождевой паводок. В зависимости от сроков его формирования, основной причиной чего является дугообразное расположение горных хребтов и орографические особенности региона. Это все замедлению перемещения влажных воздушных масс атлантического и средиземноморского происхождения и содействует интенсификации ливневых дождей на наветренных склонах Карпат.

Прогнозирование характеристик весеннего наводнения осуществляются за 20-30 суток со следующим уточнением в случае необходимости. Ход стока на реке Тиса прогнозируется за 8-12 часов, одновременно оценивается вероятный его ход на следующие 48 часов для трех возможных погодных ситуаций. Значительные наклоны горной местности бассейна предопределяют быстротечное развитие паводков. Подъемы уровней достигают 1,5-2,5 м за 3-4 часа. Одновременно происходит быстрое сбрасывание паводковых вод из горных притоков в речную долину р. Тисы [34, 36]. Поскольку река на равнине имеет незначительный уклон, перерезанная многочисленными каналами мелиоративных систем, паводковые воды затопливают значительные площади, если не обеспечить их своевременный отвод.

Частота формирования паводков в многолетнем разрезе подчиняется определенным закономерностям, которые проявляются в дежурстве периодов повышенной и низкой водности, которые обусловлены глобальной атмосферной циркуляцией. С 1992-1993 гг. В бассейне р. Тиса начался очередной период высокой водности, что характеризуется прохождением высоких паводков на реках Украины и Центральной Европы. Количество осадков в марте 2001 года в целом

было больше чем осадки, которые сформировали паводок в ноябре 1998 г. ( $1,8 \text{ км}^3$  против  $1,1 \text{ км}^3$ ). На территории Закарпатья количество осадков за три дня марта 2001 г. была близкой к месячной норме - 50-100 мм. Перед выпадением дождя высота снегового покрова в настоящее время составляла от 3 до 18 см, а в горах - 44 см [34, 36]. При таких условиях паводок послужил причиной обвалов и сели (грязекаменные потоки). Активизация опасных геологических процессов в ноябре - декабре 1998 года и в весенний период 1999 года вызвала свыше 900 обвалов и 100 селей. Обвал в з. Ольховские Лазы, объемом до  $40 \text{ млн. м}^3$  разрушил село. В 2001 году по информации Закарпатской геологоразведочной экспедиции, дополнительно выявленный 539 активных сдвигов общей площадью  $6,4 \text{ км}^2$  и объемом  $18,5 \text{ млн. м}^3$ , 88 селевых потоков площадью  $0,5 \text{ км}^2$ , объемом  $0,6 \text{ млн м}^3$ , 143 участка боковой эрозии общей длиной 26 км [34, 36].

Накануне формирования мартовского паводка, гидрометеорологическая ситуация на территории бассейна р.Тиса резко отличалась от обстановки на начало ноября 1998 р. Летне-осенний сезон 2000 р. характеризовался дефицитом осадков, уровне воды осенью достигали наиболее низких за многолетних отметок. Лишь благодаря прохождению невысоких и средних по высоте зимних паводков, на начало весны 2001 р. водность достигла средних многолетних значений. В 1998 р. летом и осенью количество осадков значительно превышало норму, неоднократно проходили дождевые паводки, которые поддерживали высокую водность. Перед ноябрьским паводком она в замыкающих створах основных рек составляла 3,5-6,5 норм. Запасы воды в снеговом покрове за зиму 2000-2001 гр. были меньшими за средние многолетние (20-30% нормы). Грунт имел незначительное промерзание и близкое к обычному увлажнению, которое определяло возможность низких коэффициентов тало-дождевого стока в марте. Перед ноябрьским паводком грунт характеризовался высоким увлажнением и переувлажнением. За таких гидрометумов на конец зимы, не имея надежных численных методов прогнозирования стана погоды, прогностические организации гидрометслужбы не имели оснований ожидать формирование в марте высокой водности. Если же проанализировать ход развития паводку 4-9 марта 2001 р., можно сказать, что основным гидрометеорологическим фактором его, как естественного явления, есть чрезвычайное количество осадков и режим их

выпадения 3-5 марта очень сильными, продолжительными и интенсивными дождями была охвачена вся территория бассейна р.Тиса. Выпало 110-296 мм дождя (лишь в среднем и нижнем течении Тисы и понизовье Боржавы) 44-95 мм, что отвечает 15-20% годовой нормы. Сравнительно с 3-5 ноября 1998 г., осадки начала марта были большими практически по всей территории на 23-90 мм. В результате интенсивного повышения температуры воздуха 3-4 марта состоялось таяние снега, которое добавило еще близко 20-40 мм воды к общей сумме осадков. Это отличает данный паводок от ноябрьского, когда снеговая составляющая была практически отсутствующая [34, 35].

Согласно распределению осадков во времени и по территории паводок 4-9 марта имел несколько периодов роста уровней. В течение дня 4 марта сформировались первые максимумы, которые вообще были высокими, но низшими от исторических. Продолжение сильных дождей ( 15-30 мм) [34, 35] 5 марта обусловило повторный рост уровней на фоне высокой текущей водности рек. Во второй половине дня 5 марта на большинстве рек сформировались наивысшие чем паводок максимумы на нижних участках Тисы и в частности на р.Боржава –

6-го. На реке Тисе возле Чопа 9 марта сформировался паводок за счет более продолжительных сроков добегания паводковых волн. С 6 марта на подавляющем большинстве рек началась убыль, в частности на Тисе возле Чопа уже с 9 марта. В течение 6-9 марта очень сложной была ситуация возле р.Чоп, где по прогнозу ожидалось формирование максимума высшего за исторический и близкого к отметки гребня дамбы. Прорыв правосторонней дамбы на венгерской территории привел к снижению уровней на участке Вашарошнамень-Чоп. Это снизило возможный максимум паводка возле Чопа на 50-70 см, вода не достигла гребня дамбы, однако он оказался на 19 см выше исторического максимума 1998 года. Наблюдение в обычном режиме на метеостанциях выполняются через 4 часа, на гидрометеопостах через 12 часов. В период паводков на постах через 4 часа . За август-октябрь в этом году выпало от 1,3 до 1,5 нормы осадков. Суммарное количество осадков, по данным метеорологических станций и гидрологических постов, 4-5 ноября 1998 года составляла 45-75 мм, в отдельных пунктах бассейнов р. Тиса 90-120, в верховье реки 207 мм Суточные суммы осадков достигали

месячной нормы, а в ряде пунктов в ноябре составляли 1,5 нормы. Повышение уровней воды в ноябрьский паводок составляло 1,7-3,6 м на р. Тисе близ Тячева. Уровни воды в 13 створах превысили исторические максимумы [34, 35].

По оперативным данным максимумы мартовского паводка в створах 9 гидрологических постов на 16-38 см превысили исторические уровни воды ноябрьского паводка 1998 года на некоторых территориях на 75 см. Подъемы уровней воды сопровождались значительным затоплением поймы и превышением опасных отметок затопления. Сравнительно с уровнями воды перед началом паводка (3 марта) общие подъемы равнялись: на Тисе 4.3-8.55 (возле Чопа 9.5), на Черной Тисе, Белой Тисе, в бассейн реки Боржава возле Шаланок 6.4 составляли 2.0-4.0. Сравнительно с ноябрем 1998 г. амплитуда подъема на Тисе была в среднем больше на 1 м [34, 35]. Гидрологическая и синоптическая ситуация после прохождения максимумов значительно отличалась от ноябрьской 1998 г. Тогда, как и в ноябре в период по окончании паводка установился преимущественно антициклональный режим погоды, уже через 5-10 дней после прохождения максимума уровни воды вернулись в русло. Намного более сложной и неблагоприятной для ликвидации последствий стихии была обстановка в марте текущего года. Атмосферные фронты с запада обуславливали умеренные и сильные дожди и соответственно повторный рост уровней с выходом воды на заплаве, удержанию уровней на высоких отметках, особенно в нижних течениях рек.

Следствие паводка можно разделить на два вида в зависимости от пространственного и временного проявления:

- вызваны естественными значительными подъемами воды (верховье, средние течения приток Тисы и на верховье самой Тисы);
- обусловлены прохождением паводка в пределах одамбирования территорий (понизовье приток то самое течение Тисы) и на низменности области с разветвленной системой мелиоративных каналов.

Причины вышеупомянутых паводков также можно подразделить на естественные и антропогенные. Естественными причинами паводков есть сложная гидрометеорологическая ситуация после влажных лета и осени, что вызвало насыщение грунта влагой и уменьшение его водопоглощающей

способности и водопроницаемости в паводок 1998 года и его промерзание во время паводка 2001 года. В этот период уменьшилась способность задерживать дождевые воды растительным покровом. Повышение температуры воздуха после снегопадов вызвало быстрое таяние снега на верхних частях горных склонов и содействовало дополнительному поступлению воды к горным рекам. Важное значение малая и высокая водность рек перед началом паводка. К антропогенным причинам паводков можно отнести пахоту склонов в горных районах, где формируются паводки, уничтожение горнодолинных лесов и другие.

Сильные дожди выпадают на территории бассейна р. Тисы вследствие трансформации воздушных потоков при прохождении ими Карпатского региона и за счет орографических особенностей территории быстрого образования значительного количества микромасштабных циклонических образований (волн). Синоптическая ситуация, что вызвала очень сильные опады на протяжении 3-5 марта 2001 р., относится к категории с довольно большой повторяемостью (15-20 раз на год). Лишь в 1-2 случаях такие ситуации приводят к очень сильным дождям с охватом ими одновременно нескольких районов области. Макромасштабные синоптические процессы, что формируются над Европой, не могут сами по себе определять вероятность очень сильных опадов. Спрогнозировать развитие синоптических процессов и определить соответствующий им количественное и пространственное распределение осадков можно только по результатам численных моделей, которыми должны быть учтена вся специфика орографии бассейна.

Паводковая и экологическая ситуация в бассейне р. Тиса усложняется еще и вследствие того, что на ее территории заметно ощущается недостаток площади пахотных земель. Так, если в 1970 году на одного жителя области приходилось 0,15 га, то в 2000 году этот показатель составлял 0,13 га [34, 35]. Это состоялось вследствие увеличения количества населения, которое размещается и осваивает существование пойменных территорий вдоль рек области и которые первыми страдают от паводков. Поэтому возникшая необходимость разработки принципов информационно-аналитической системы для улучшения управления на основе решения задач моделирования экологических процессов, связанных с подтоплением сельскохозяйственных угодий. Такая система должна стать частью

государственной информационно-аналитической системы мониторинга. Для анализа динамики нестационарных процессов подтопления земель в системе можно использовать метод статистического моделирования, в частности построения гистограмм распределения площадей по уровню грунтовых вод, и эмпирических функций распределения накопленных частиц площадей к данному уровню грунтовых вод.

Основными проблемами оперативного предупреждения и прогнозирования, решение каких будет позволять значительно улучшить прогностическое обеспечение при развитии паводков в горных регионах, есть:

- отсутствие в распоряжении гидрометслужбы результатов численного прогнозирования метеорологических параметров, которые выполняются руководящими метеорологическими учреждениями мира, и которые дают возможность детализации факторов стана погоды в пространстве и времени большой раздельной способности;
- неадаптированных к оперативному прогнозированию данных венгерского метеорологического лоатора (г. Ниредьхаза).

Математическое моделирование паводков с целью использования его результатов в системе нуждается в совершенном изучении ландшафтных и гидрологических условий в речном бассейне. С целью повышения функциональных возможностей прогностической системы она организована в составе 5 подсистем, из-за которых осуществляется краткосрочное прогнозирование хода стока на р. Тисе и ее притоках, а также долгосрочное прогнозирование характеристик весеннего стока.

Создание бассейновых прогностических систем, которые грунтуются на математическом моделировании наводнений и паводков предоставит возможность создания бассейновых прогностических систем которые, позволят детализировать прогнозную продукцию через ее пространственное представление. Внедрение бассейновых систем содействует комплексному исследованию условий и процессов формирования стока воды с учетом разнообразия ландшафтных особенностей речных водосборов.

В практике подразделов Государственной гидрометеорологической службы Украины применяются созданные в Укрдгми математические модели дождевого

и снего-дождевого стока, которые действуют как структурные составные бассейновых прогностических систем. Не уместным есть использование моделей прогнозирования "Осадки-Сток" для верхних частей водосборов и современных гидравлических моделей руководящих европейских учреждений из-за отсутствия сети автоматизированных пунктов наблюдения, в частности автоматических опадометров в верховьях рек, и соответственно автоматизации первичного информационного звена сети наблюдения на основе передачи данных в реальном режиме времени.

Оценка вероятных следствий проводится по данным опасности гидрологических явлений, которые составляются по данным обследований, инструментальных измерений и описаний предыдущих паводков, так как привязка результатов прогнозирования паводку только к створу гидрологического поста не позволяет получить полную картину на местности от ожидаемых повышений уровней. Но, вследствие быстрых и часто неконтролируемых (неразрешенных с точки зрения природы) изменений в использовании человеком территорий, приводят часто к неадекватности данных отдельно взятого паводка.

По мере развития синоптической и гидрологической ситуации (получение данных от сети наблюдения о количестве осадков и уровнях воды), фоновый прогноз уточняется (усиливается), конкретизируется по отдельным рекам, а также выпускаются прогнозы ожидаемых уровней в створах гидрологических постов. Вероятность формирования паводков в верхних частях водосборов предполагается на основе качественного прогноза погоды с учетом текущей водности в виде краткосрочного фонового прогноза возможной амплитуды подъемов уровней.

Чрезвычайно важным есть пространственное прогнозирование стока воды и экстраполяция его хода во времени, которые требуют дополнительных методических решений. С этой целью научными работниками обработано локальные математические модели, которые за своей сутью являются производными от основных моделей, но могут применяться лишь в системе "Тиса". Самую большую сложность при моделировании составляет получение фактической, местной, информации о рельефе, динамику русла, исторические данные. Такую информацию, можно получить с использованием спутниковых

снимков Земли (с 60-го года - Corona, 70-90 гг. - Landsat, IRS). Регулярный мониторинг возможно проводить с помощью снимков спутника NOAA, которые используются УЦМЗР для ежедневного отчуждения паводков [34, 36].

Допаводковая оценка предоставляет возможность выделить опасные для проживания населения зоны. Они строятся с помощью указанного выше гидрологического моделирования, накладывая уровни затопления прогнозного паводка на рельеф местности в ГИС. Такие модели позволяют найти сооружения, которые находятся в зоне возможного затопления. Особенно полезным есть анализ указанных зон по космическим снимкам. Точность прогнозов в створах на р. Тиса влияет на стан водозащитных дамб, построенных вдоль реки. При них разрушении большие объемы речной воды заливают приречные территории, вследствие чего на отдельных участках уменьшаются максимальные расходы и снижаются на уровне воды (приблизительно на 40-50 см) [17, 34]. Такие ситуации возникали в ноябре 1998 р. и марта 2001 р. Именно на низменности в результате переливов воды через дамбы, их прорывов затоплены продолжительное время были значительные территории, а удержание высокой водности в понизовьях рек в течение марта усложняло нормализацию ситуации и выполнение возобновительных работ.

Частично катастрофические следствия обусловлены и активной хозяйственной деятельностью. Вследствие одамбирования русел рек изменились условия перемещения паводковых волн. Медленнее происходит убыль уровней воды из-за границ позадамбового пространства. Усилению негативных последствий, их катастрофическому проявлению содействует расположение строений в зоне постоянного затопления, интенсификация склонового стока, сдвижных и селевых процессов. Для защиты населенных пунктов от подтопления, в Закарпатской области, в разное время, начиная с 1863 годом, построено свыше 685 км земляных дамб, 9 водохранилищ комплексного назначения, преимущественно для гидроэнергетики [34, 35]. В связи с небольшой суммарной вместительностью водохранилищ и отсутствием у них объемах противопаводочной составной, практического влияния на срез пика паводков и снижение скорости подъема уровня воды они не имеют. Одновременно с этим дамбы обвалования в Закарпатье строились в разное время, разными государствами и рассчитывались



на разную обеспеченность, поэтому они имеют разную высоту и не создают единого защитного комплекса, который мог бы надежно выполнять противопаводочной защиты. Не имеет единой из украинской системы противопаводочной защиты и комплекса защитных гидротехнических сооружений стран, расположенных в бассейне р. Тиса (Венгрии, Словакии, Румынии и Югославии), хотя условия формирования и прохождения высоких паводков в этих странах почти одинаковые с Украиной. С помощью модели рельефа, построенной на основе карты крупного масштаба, с нанесением на нее защитных сооружений и модели расчетов речного стока, УЦМЗР планирует проверить эффективность работы гидротехнических сооружений, определить очередность реконструкции или строительства таких сооружений. На украинской территории в бассейновые реки Тиса внедрено автоматизированное управление бассейнами. Существует 35 автоматизированных гидрометеорологических станций, которые передают в автоматизированном режиме уровень воды, температуру воды и воздух. Таким образом, необходимая информация получается оперативно, прогнозируются зоны затопления и осуществляется предупреждение населения.

Можно подвести итоги, что существенное повышение уровня информативной способности службы гидрологического оповещения в бассейне р. Тиса и анализа естественных условий возможно лишь путем создания автоматизированных информационно-прогностических систем, какие бы охватывали все технологические процессы от наблюдений до обеспечения потребителей информационной и прогнозной продукцией.

Реализация в полном объеме имеющейся методической базы прогнозирования гидрологического режима реки Тисы нуждается в:

- создании методической базы прогнозирования количества осадков по орографических районах реки;
- использование радиолокационного метода измерения осадков с представлением их в узлах регулярной сетки;
- технического переоснащения сети гидрометеорологических наблюдений и средств передачи информации.

Выполнение вышеупомянутых требований позволит увеличить завчасность прогнозирования хода паводков. Относительно комплексного прогнозирования осадков, то есть прогнозирование с завчасностью 12-24 часа тех осадков, которые связаны с перемещением через территорию бассейна фронтальных разделов, когда дожди охватывают значительные площади – больше 5-10 тыс.км<sup>2</sup>. Практическую ценность в горных районах приобретают прогнозы осадков при дождях 20 мм и больше за 12 и меньше часов [34, 35]. Существенное повышение уровня информативной способности службы гидрологического оповещения на территории обеспечивается бассейновой прогностической системой.

Технологические решения, примененные в работе, позволяют получать прогнозную продукцию с детальным освещением пространственных объектов. Математические модели предоставляют возможность вероятностного предвидения процессов формирования стока с целью увеличения завчасности прогнозов. Для решения проблемы эффективной реализации возможностей прогностической системы и увеличения завчасности прогнозирования хода стока в бассейне р. Тиса необходимо создать методическую базу непрерывного прогнозирования количества осадков по орографическим районам.

Воплощение в жизнь вышеприведенных мер даст возможность владеть экологической ситуацией в регионе, которая связана с наводнениями, предупредить и уменьшить их катастрофическое действие. Проблема же защиты населения, хозяйственных объектов и сельскохозяйственных угодий от затопления паводковыми водами реки Тиса и ее приток была и остается одной из наиболее острых для Закарпатской области.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Обследовано участки водосборов бассейна р. Тисы. На основе разбивки поперечников в обе стороны магистрального хода, перпендикулярно к руслам, определено зоны затопления. Для подсчетов использован метод анализа пропускной способности определения величины максимальных потоков из учет максимальных расходов приток.

Исследование позволило осуществить анализ паводков предыдущих лет. Изложить основание мер отвода внутренних и паводковых вод из территории бассейна р. Тиса. Рассмотреть пути решения проблемы паводковых ситуаций затопляемых земель Закарпатье.

В частности получены следующие научные и практические результаты:

- осуществлена гидрологическая изученность и оценку исходных данных ;
- исследовано инженерно-геологическое и гидрогеологическое условия;
- проанализированы научно-методические особенности уровней воды;
- осуществлено описание действующей и запланированной системы противопаводковой защиты;
- усовершенствован опыт применения математических моделей дождевого и снего-дождевого стока для прогнозирования паводков;
- осуществлена оптимизация научно-методической базы для разработки и реализации моделей прогнозирования.

На основе исследований осуществлен гидроморфологический мониторинг – обработано морфометричные и гидравлические характеристики р. Тисы. Определена территория размывания и аккумуляции наносов. Рассмотрены моделирования стока р. Тисы с учетом максимальных расходов приток. Осуществлено определение величины максимальных потоков воды методом анализа пропускной способности. Предоставлены рекомендации относительно дальнейшего использования методики.

Выискивание предоставило возможность усовершенствования методов прогнозирования случайной составляющей моделирования процессов формирования стока в экстремальных ситуациях. На примере р. Тисы в пределах г. Рахов осуществлено исследовано использование методов экстраполяции и определения зоны реального и возможного затопления при прохождении

максимальных расходов, что может быть основой для детального пространственного прогнозирования стока воды. Обобщение полученных результатов позволит разработать элементы комплексного программного обеспечения автоматизации информационно-измерительной системы.

Анализируя причины и факторы возникновения паводков в Карпатском регионе можно отметить основные факторы влияния:

- гидрометеорологические факторы – влияние периода повышенной водности в межрегиональном масштабе, горного рельефа на атмосферные процессы, что приводит, при выпадении значительного количества осадков, к формированию высоких, в ряде случаев катастрофических, паводков;
- геолого-орографические и гидрогеологические факторы – высокий энергетический потенциал горного рельефа, сейсмическая активность и нестойкость отдельных горных массивов, существенно увеличивают влияние паводков на создание чрезвычайных ситуаций в Карпатском регионе и обуславливают сдвиги, селе и другие экзогенные геологические процессы;
- техногенные факторы – нарушение требований к застройке населенных пунктов в долинах рек и на горных склонах, ненадлежащая защита населенных пунктов на угрожающих участках и недостаточность выполнения противопаводочных работ, отсутствие научно-обоснованной системы добычи гравийно-галечникового и песчаного материалов в руслах рек, нерациональную систему лесохозяйственной деятельности и отсутствие согласованной противопаводковой международной политики в регионе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Якушев А.И., Зубач В.М., Мельник Т.П. Гидроморфологический мониторинг стока рек бассейна р. Тисы и ее приток. . - Ровно: Волянские обереги, 2009. - 64 с.
2. Схема комплексной противопаводковой защиты в бассейне р. Тиса. - Киев: ОАО «Укрводпроект». - 2001.
3. Берегоукрепления и регулирование р. Тисы в г. Рахов Закарпатской области. ин.-т «Львовдипроводхоз». - 2002 р.
4. Топографическое обследование (съемка поперечников) и мониторинг р.Тисы в р.Рахов. ин.-т «Львовдипроводхоз». - 2002 р.
5. Б. Волосецкий, Т. Мельник Топографо-геодезические обследования для исследования экзогенных процессов р. Тисы в пределах р. Рахов с точки зрения решения проблемы тало-дождевых паводков Сборник научных работ «Современные достижения геодезической науки и производства», – Вып.И (17), – С.163-171, – Львов, – 2009 р.
6. Соседка М.М., Лукьянец О.И. Оценивание характерных уровней воды с учетом условий перемещения водных масс на речном участке // Наук. зб. КНУ. Гидрология, гидрохимия и гидроэкология. - 2003. - № 5. - С. 72-78.
7. Соседка М.М. Оценивание изменений в условиях перемещения водных масс на горных реках // Наук. зб. КНУ. Гидрология, гидрохимия и гидроэкология. - 2006. - № 11. - С. 181-184.
8. Лукьянец О.И. Пример нарушения однородности рядов максимальных уровней воды // Наук. зб. КНУ. Гидрология, гидрохимия и гидроэкология. - 2006. - № 11. - С. 178-181.
9. Ободовський О.Р. Концептуальні положення гідроекологічної оцінки проявлення руслових процесів // Наук. зб. КНУ. Гидрология, гидрохимия и гидроэкология. - 2001. - № 2. - С. 146-156.
10. Волосецкий Б.И., Каганов Я.И. Использование морфометрических зависимостей, определяемых из геодезических наблюдений для прогноза

- русловых деформаций. // Геодезия, картография и аэрофотосъемки: Межвед. научн.-техн. зб. Львов, 1986, вып. 43, с. 10-15.
11. Каганов Я.И. Русловые переформирования при регулировании рек горно-передгорной зоны. - Львов, Высшая школа, 1981.
12. Ковальчук И.П. Региональный эколого-геоморфологический анализ. - Львов, НАН Украины, 1997.
13. Волосецкий Б.И, В.М. Зубач. Изучение динамики долинно-русловых морфообразований рек Карпатского региона. // Современные достижения геодезической науки и производства, Львов, 2008.
14. Соседка М.М., Лукьянец О.І. Определение характерных уровней воды при нестабильных условиях перемещения водных масс по русловой сети // Наук. работы Укрндгми, – 2007, Вып. 256. - С. 207-213.
15. Приплесь А.Й., Зубач В.М., Мельник Т.П. Топографо-геодезические исследования по целью регулирования русла р. Тисы в пределах г. Рахов // Materiały IV międzynarodowej naukowí – praktycznej konferencji “Naukowym progres na rubieży tysiacleci – 2008” Tým 17. Chemia i chemiczne technologie. Ekologia. Geografia i geologia.: Przemysl. Nauka i studia –S72-76.
16. Приплесь А.Й., Щучак М.Д. Мельник Т.П. Физико-географическое и геоморфологическое условия р. Тисы в пределах г. Рахов с точки зрения решения проблемы паводконебезопасных ситуаций на Закарпатье // Materiały IV międzynarodowej naukowí – praktycznej konferencji “Aktualne problemy nowoczesnych nauk - 2008” Tým 20. Chemia i chemiczne technologie. Ekologia. Geografia i geologia. Weterynaria: Przemysl. Nauka i studia. -S83-86.
17. О.И. Лукьянец, М.М.Соседка. Комплексная система прогнозирования паводков в Закарпатье: методическая и технологическая база ее составляющих // Наук.пр. Укр. НДГМИ. – 2004. Вып. 253.
18. [www.pryroda.gov.ua](http://www.pryroda.gov.ua)
19. Швебс Р.И. Формирование водной эрозии стока наносов и их оценка. - Л., 1974. - 184 с.
20. [www.ulrnc.org.ua](http://www.ulrnc.org.ua)

21. Чипак В.П., Сапсай Г.И., Мельник Т.П. Элементы автоматизации системы государственного мониторинга гидрологического режима рек. // Материалы I Международной научно-практической конференции «Передовые научные разработки – '2006». - Том 6. - Днепропетровск: Наука и образование, 2006. - С. 35-40.
22. Мельник Т.П. Анализ изменений характеристик влияния оптимизации противопаводковых мер бассейна р. Тиса на основе исследования и стохастического моделирования процессов формирования стока. - Ровно: Волынские береги, 2009. - 216 с.
23. Сапсай Г.И., Чипак В.П., Мельник Т.П. Элементы автоматизации управления водными ресурсами в бассейновые реки Тиса. // Вестник НУВГП. Сборник научных работ. - Вып. 4(36). - Ровно.: НУВГП, 2006. - С. 102-109.
24. Сапсай Г.И., Чипак В.П., Мельник Т.П. Автоматизация организации данных управления водными ресурсами в бассейновые реки Тиса. // Вестник НУВГП. Сборник научных работ. - Вып. 4(36). - Ровно.: НУВГП, 2006. - С. 95-102.
25. Мельник Т.П. Применение ГИС для потребности предупреждения стихийных гидрологических явлений. //Вестник ХНУ №1037. Серия «Математическое моделирование. Информационные технологии. Автоматизированные системы управления» – Вып. 20, 2012. - С. 125-132.
26. Мельник Т.П. Моделирование стока р. Тиса с учетом максимального расхода приток. // Таврический вестник информатики и математики, №1 (20)\*2012. - С. 73-76.
27. Бойко В.М., Петренко Л.В. Стихийные гидрологические явления на реках Украины в последние 10-15 лет и проблемы их оперативного предупреждения // Научн. работы Укрндгми, 2006, Вып. 255. - С. 272 - 278.
28. Чипак В.П., Мельник Т.П. Система противопаводковых мер в бассейне р. Боржава. - Ровно: Волынские береги, 2008. - 202 с.
29. Мельник Т.П., Мельник С.М. Применение экстраполяции кривой зависимости  $q=q(h)$ . // Материали за 8-а международна научна практична конференция, «Научният потенциал на света», - 2012. Том 16. Математика.

- Съвременни технологии на информации. София. «Бял ГРАД-БГ» ООД - ,  
ст 42-44.
30. Калинин Р.П. Проблемы глобальной гидрологии. - Л.: Гидрометеиздат, 1968.-377 с.
31. Бефани Н.Ф., Калинин Р.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. - Л.: Гидрометеиздат, 1965.-441 с.
32. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком.- М.: Наука, 1981.-255с.
33. Соседка М.М., Лукьянец О.И. Карпаты - паводкобезопасного региона Украины. Комплексная бассейновая система прогнозирования паводков в Закарпатье: методическая и технологическая база ее составляющих - Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт. - К: Ника-Центр, Научная мысль, 2009. - 88 с.
34. Мельник Т.П. Общий анализ, пути и средства решения проблемы тало-дождевых паводков территории бассейна р. Тиса. // Научно-технический сборник «Гидравлика и гидротехника», Вып. 63. - К.: НТУ, 2009.
35. . [www.vodhosp.uzhgorod.ua](http://www.vodhosp.uzhgorod.ua)
36. В.Серенко, Я.Пархисенко. Материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в исследованиях влияния вод на экологию водных бассейнов. - RS in Environmental Research of Water Basins\_rus.pdf.
37. Ковальчук П.И., Шевчук С.А. Система принятия решений для обеспечения порядка использования мелиорованных земель. // Водное хозяйство Украины. -2006. Вып. 2.
38. Ковальчук П.И., Задорожный А.И, Шевчук С.А. Прогнозирование процессов подтопления сельскохозяйственных угодий. «Вестник аграрной науки». Специальный выпуск, апрель 2005. Киев. -2005.
39. Emmet W.W. (1970) The hydraulics of overland flow on hillslopes. US Geol Surv. Prof. Paper 662A.
40. Beven K.J. (1979) On the generalized kinematic routing method. Water Resources Research, 15 (5), 1238-1242.
41. Лазарчук Н.А., Петрук В.А. Математическое моделирование дождевого стока на осушаемых системах горных районов Украины // Экологические



- проблемы при орошении и осушении: Тезисы прикладов междунар. конф. - Киев, 1993. - С. 80-89.
42. Соседка М.М. Особенности применения методов математической статистики в гидрометеорологии // Наук. работы Укрндгми, 2003, – Вып. 251. - С. 5 - 15.
  43. Соседка М.М., Щербак А.В. Система непрерывного прогнозирования десятидневных расход и уровней воды на речных участках Дуная с завчасностью 10-30 суток // Наук. работы Укрндгми, 2003, – Вып. 251. - С. 5 - 15.
  44. Лукьянец О.И. Долгосрочное прогнозирование весеннего стока из горного водосбора в пространственном представлении // Наук. работы Укрндгми, – 2002, – Вып. 250.
  45. Лукьянец О.И. Математическое моделирование в гидрометеорологии как фактор научного познания // Научн. работы Укрндгми, – 2003, – Вып. 251. - С. 22-31.
  46. Гопченко Є.Д., Шакирзанова Ж.Р., Андриевская Р.М. Долгосрочное пространственное прогнозирование максимально весеннего стока из использования автоматизированного компьютерного комплекса // Наук. работы Укрндгми, 2006, – Вып. 255. - С. 229-241.
  47. Гопченко Є.Д., Шакирзанова Ж.Р. Научно-методическая база для составления территориальных долгосрочных прогнозов характеристик весеннего водополья // Наук. работы Укрндгми. 2003. - Вып. 251. - С. 43-49.
  48. Приймаченко Н.В. Структурные особенности дождевых паводков на горных водосборах // Наук. работы Укрндгми, – 2003, – Вып. 251. - С. 49-53.
  49. Hoyt W.G. An Outline of the Runoff Cycle. Pennsylvania state College Tech. Bull. - 1942.
  50. Horton R.E. Rainfall Interception. Monthly wearnee Rev. - 1919. -Mol. 47.
  51. Попов Е.Р. Вопросы теории и практики прогнозирования речного стока. - М: Гидрометеиздат, 1963. - 395 с.

52. Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулированию П69 стока // Е.Е. Овчаров, Н.Н. Захаровская, И.В. Прошляков и др.; Под. ред. Е.Е.Овчарова. - М.: Агропромиздат, 1988. - 224 с.
53. Вакалюк В.В. Расчеты скоростей добегания в руслах рек украинских Карпат // Гидромелиорация и гидротехническое строительство. - Львов: Высшая школа, 1977. №5. - С. 91.
54. Методические рекомендации по расчету деформаций русел и выбору защитно-регуляционных мероприятий на реках Украинских Карпат. - Киев: 1989.
55. Алтунин С.Т. Регулирование русел. - М.: Сельхозгиз, 1956.
56. Корюкин С.Н. Регулирование русел рек в мелиоративных целях. М.: «Колосъ», 1972.
57. Кучмент Л.С. Математическое моделирование речного стока. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. - 192 с.
58. Кучмент Л.С., Нечаева Н.С. Расчеты гидрографов стока на крупных речных системах // Труды Гидрометцентра СССР, 1967. - Вып. 2. - С. 49-58.
59. Мельник Т.П. Гидрогеолого-Мелиоративная оценка р. Тисы в пределах р. Рахов. - Ровно: Волынские береги, 2008. - 92 с.
60. MIKE 11. A Modelling System for Rivers and Channels. Reference Manual // DHI Software 2003.
61. Высшая математика: Учеб. Пособие // Овчинников П.Ф., Лисицын Б.М., Михайленко В.М.; Под общ. ред. Овчинникова П.Ф.. - К.: Выща шк., 1989. - 679 с.: ил.
62. Кучмент Л.С., Демидов В.Н., Мотовилов Ю.Р. Формирование речного стока. Физико-Математические модели. М.: Наука, 1983.
63. Гнатисенко Р.М., Снитюк В.Є. Экспертные технологии принятия решений: Монография. – К.: ООО «Маклаут», – 2008. – 444 с.
64. Соседко М.Н. Особенности применения математической модели формирования дождевого стока талых и дождевых вод // Метеорология и гидрология. - 1967. - №12. - с. 50-57.

65. Мельник Т.П. Технология создания информационной системы // Материалы III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современных наук: теория и практика – 2006». Том 10. - Днепропетровск: Наука и образование, 2006. - С. 54-63.
66. Гопченко Е.Д., Шакирзанова Ж.Р. Научно-методическая база для составления территориальных долгосрочных прогнозов характеристик весеннего водополья // Наук. работы Укрндгми. 2003. - Вып. 251.
67. Ишук О.О., Ободовський О.Р., Коноваленко О.С. Взаимодействие ГИС и проблемно-ориентированных моделирующих комплексов в системах прогнозирования и оценки последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с паводками // Научный сборник КГУ «Гидрология, гидрохимия, гидроэкология», 3 т, 2002 р. – С. 53-59.
68. О.С.Мкртчян Моделирование бассейновых систем в базе данных ГИС // Наук. работы Укрндгми. 2003. - Вып. 251.
69. Гопченко Е.Д., Шакирзанова Ж.Р., Андриевская Р.М. Долгосрочное пространственное прогнозирование максимально весеннего стока из использования автоматизированного компьютерного комплекса // Наук. работы Укрндгми, 2006, – Вып. 255.
70. Серенко В., Пархисенко Я.. Материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в исследованиях влияния вод на экологию водных бассейнов. - RS in Environmental Research of Water Basins\_rus.pdf.
71. Ferguson R.I. (1984) Magnitude and modeling of snowmelt runoff in the Cairngorm Mountains, Scotland. Hydrol.Sci.J.,29(1),49-62.
72. Archer D.R. (1981) Severe snowmelt runoff in north-east England and its implications. Proc.Inst.Civil Eng.,part 2, 71, 107-160.
73. Male D.H., Granger R.J. (1978) Energy mass fluxes at the snow surface in a prairie environment. In: Proceedings: modeling of snow cover runoff (ed. S.C. Coldeck, M. Ray) US Army, CRRELL, Hanover, NH, pp.101-124.
74. WMO (1982) WMO project for the intercomparison of conceptual models of snowmelt runoff. Hydrological aspects of alpine and high mountain areas. IAHS Publication 138,pp.193-202.

75. Larson L.W., Peck E.L. (1974) Accuracy of precipitation measurements for hydrologic modeling. *Water Resources Res.* 10(4),857-863.
76. Gray D.M. (1978) Snow accumulation and distribution. In: *Proceedings: modeling of snow cover runoff* (ed. S.C. Colbeck, M. Ray), US Army CRREL, Hanover, NH, pp. 3-33.
77. Zuzel J.F., Cox L.M. (1975) Relative importance of meteorological variables in snowmelt. *Water Resources Res.* 11, 174-176. M.G. Anderson, T.P. Burt *Hidrological forecasting// A Wiley – Interscience Publication.-John Wiley & Sons. - 1988.*
78. M.G. Anderson, T.P. Burt *Hidrological forecasting// A Wiley – Interscience Publication.-John Wiley & Sons. - 1988.*
79. В.В. Фаронов. Delphi6. // Учебный курс. - М.: Издательство Молгачева С.В., – 2001. - 672 с.
80. Симонович С.В., Евсеев Р.А. Интересное программирование Delphi : – М.: АСТ-ПИРЕСС КНИГА: Инфорком-Пресс, 2001. - 368 с.
81. В.Р. Гофман, А.Д. Хоменко. DELPHI 6. - К.:Издательский центр "Академия", – 2002. - 657с.
82. Е. Хюйонен, И.Сеппянен. Методы и системы программирования.: – М.: АСТ-ПИРЕСС КНИГА: Инфорком-Пресс, 2000. - 265с.
83. Н.Б. Культин. DELPHI 6. Программирование на OBJECT PASCAL. // Учебный курс. - М.: Издательство Молгачева С.В., 2002. -526 с.
84. Бефани Л.Н. Теория формирования дождевых паводков и методы их расчета // *Международный симпозиум по паводкам и их расчетам.* - Л.: Гидрометеиздат, 1969. - Т. 1. - С. 278-282.
85. Денисов Ю.М. Численное моделирование процесса стока горных рек // *Международный симпозиум по паводкам и их расчетам.* - Л. : Изд-Во ГГИ, 1967. - С. 38-47.
86. Железняк И.А. Регулирование паводкового стока. - Л.: Гидрометеиздат, 1965. - 325 с.
87. Соседко М.Н. Из опыта идентификации математической модели формирования дождевого стока на горных водосборах // *Труды Укрнигми.* - 1985. - Вып. 201. - С. 40-55.

88. Соседко М.Н. Особенности моделирования процессов формирования тало-дождевого стока на горном водосбор // Труды Укрнии Госкомгидромета. - 1987. - Вып. 200. - С. 3-15.
89. Соседко М.Н. Особенности применения математической модели формирования дождевого стока для расчета паводков в горной местности // Труды Укрнии Госкомгидромета. - 1987. - Вып. 181. - С. 59-73.
90. Баховец Б.А., Ткачук Я.В. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов в гидромелиорации. - Львов, "Высшая школа", - 1989 р., - 334 с.
91. Дмитриев А.Ф., Хлапук М.М., Шуминский В.Д. Гидротехнические сооружения. - Ровно, 1999. - 326с.
92. Антонцев С.Н., Епихов Р.П., Кашеваров А.А. Системное математическое моделирование процессов водообмена. - Новосибирск: Наука, 1986.
93. Abbott, M.B., 1979: Computational Hydraulics. Elements of the Theory of Free Surface Flows. Pitman.
94. Abbott, M.B. and Ionescu, R., 1967: On the numerical computation of nearly-horizontal flows. J.Hyd.Res.. 5, pp. 97-117.
95. Cunge J.A., Holly P.M., Jr. and Verwey A. (1980): Practical Aspects of Computational River Hydraulics. Pitman.
96. Federal Highway Administration, 1986: Bridge Waterways Analysis Model: Research Report, Report No. FHWA/RD-86/108, July 1986, Washington D.C.
97. Murota, A. and Tada, H. (1989): Modelling of one-dimensional analysis on the open-channel with a tributary.
98. Ariathurai, R., Macarthur, R.C. & Krone, R.B. (1971): Mathematical Model of Estuarial Sediment Transport. Department of Civil Engineering, University of California at Davis.
99. DHI/VKI: River Usk Barrage, Sediment Transport Modelling. June 1990, Volume 2.
100. Ackers, P. and White, W.R. (1973). "Sediment transport: new approach and analysis", Proc. ASCE, JHD, 99, HY11, pp. 2041-2060.

101. Ribberink, J.S, 1987, "Mathematical modelling of one-dimensional morphological changes in rivers with non-uniform sediment". Delft University of Technology, Report No. 87-2.
102. Abbott, M.B. and J.C. Refsgaard (eds) (1996), Distributed Hydro-logical Modelling, Kluwer Academic Press, The Netherlands, 321 P.
103. Duan, Q., Sorooshian, S., Gupta, V. (1992), Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models. Water Resources Research, 28(4), 1015-1031.
104. Madsen, H. (1999), Automatic calibration of a conceptual rainfall Rainfall-Runoff Reference.
105. McCuen, R.H., Rawls, W.J. and Brakensiek, D.L. (1981), Statistical analysis of the Brooks-Corey and Green-Ampt parameters across soil textures, Water Resources Research, 17, 1005-1013.
106. Nash, I.E. and Sutcliffe, I.V. (1970), River flow forecasting through conceptual models, Part I, Journal of Hydrology. 10, 282-290.
107. Refsgaard, J.C. and J. Knudsen (1997), Operational validation and intercomparison of different types of hydrological models. Water Resources Research, 32(7), 2189-2202.
108. Refsgaard, J.C. and Storm, B. (1996), Construction, calibration and validation of hydrological models, In: Distributed Hydrological modelling (eds. MB. Abbott and J.C. Refsgaard), Kluwer Academic Press, The Netherlands, 41-54.
109. Giannoni, F., G. Roth, and R. Rudari, A Semi - Distributed Rainfall - Runoff Model Based on a Geomorphologic Approach, Physics and Chemistry of the Earth, 25/7-8, 665-671, 2000a.
110. Molnar, D. K., and P. Y. Julien, Grid-Size effects on surface runoff modeling, J. Hydr. Engrg., ASCE, 5(1), 8-16, 2000.
111. Wyss, J. D., Hydrologic modelling of New England river basins using radar rainfall data, M. S. thesis, Dep. of Meteor., 164 pp., Mass. Inst. Of Technol., Cambridge, 1988.
112. Jönch-clausen, T and J.C. Refsgaard. A mathematical modelling system for flood forecasting, Nordic Hydrology, 15, pp 307-318, 1984.

113. Refsgaard, J.C., K. Havn0, H.C. Ammentorp and A. Verwey. Application of hydrological models for flood forecasting and flood control in India and Bangladesh. *Advances in Water Resources*, 11, 101-105.
114. Rung0, M. J.C. Refsgaard, K. Havn0. The updating procedure in the MIKE 11 modelling system for real-time forecasting. *Proceed-ings from the International Symposium on Hydrological Applications of Weather Radar*, Salford, UK, August 1989.
115. Мельник Т.П. Элементы математического и пространственного моделирования процессов таяния снега и исследование паводковых ситуаций на водосборах мелиоративных систем бассейна реки Потому что ржавая.// *Materialy II Miedzynarodowej naukow-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania nauki i techniki – 2007»*. Tym 13. Rolnictwo. Chemia I chemiczne technologie. Ekologia. Geografia I geologia.: Przemysl. Nauka I studia – S.77-82.
116. Мельник Т.П. Элементы математического и пространственного моделирования процессов формувание дождевого стока и прогнозирования паводковых ситуаций на водосборах мелиоративных систем бассейна реки Боржава. // *Materialy IV mezinarodni vedecko – prakticka konference “Klicove aspekty vedecke cinnosti – 2008”*. -Dil 9. Matematika. Fyzika. Moderni informacni technologie: Praha. Publishing House “Education and Scince” s.r.o. - S.37-41.
117. Мельник Т.П. Негативное влияние дождевых паводков на водный режим грунтов территории бассейна реки Тиса.// *Materialy IV mezinarodni vedecko – prakticka konference “Veda a technologie: krok do budoucnosti – 2008”*. - Dil 14. Zemepis a geologie.Ekologie: Praha. Publishing House “Education and Scince” s.r.o. - S.21-24.
118. Мельник Т.П. Некоторые аспекты автоматизации управления водными ресурсами бассейна реки Тиса. // *Материали за 4-а международна научна практична конференция, «Научни дни», –2008. Том 15. Химия и химически технологии. Екология. География и геология.София. «Бял ГРАД-БГ»ОДД. – С 83.*

119. Мельник Т.П. Элементы математического и пространственного моделирования процессов таяния снега и исследование паводковых ситуаций на водосборах мелиоративных систем бассейна реки Боржава. // Materialy II Miedzynarodowej naukow-i-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania nauki i techniki – 2007». Тым 13. Rolnictwo. Chemia I chemiczne technologie. Ekologia. Geografia I geologia.: Przemysl. Nauka I studia. - S.77-82.
120. Мельник Т.П. Исследование потоков русла р.Тисы // Материали за 4-а международна научна практична конференция, «Динамика исследования», – 2008. Том 25. Селско стопанство. Ветеринарна наука. География и геология. София.«БялГРАД-БГ» ОДД. – С. 64.
121. Мельник Т.П. Расчеты потоков русла с управляющим гидросооружением на примере водосборов мелиоративных систем затопляемых земель Закарпатья. // Сборник научных работ «Современные достижения геодезической науки и производства», Вып.П (16.1-16.6), – Львов, – 2008 р. – С. 135-142.
122. Мельник Т.П. Влияние дождевых паводков на стан грунтов и опыт возделывания сельскохозяйственных культур на территории затопляемых земель бассейна Тисы. // Научно-технический журнал «Водное хозяйство Украины», – Вып. И, – Киев, – 2009 р. – С. 32-38.
123. Гнатиенко Р.М., Алгоритмы обработки экспертной информации в задачах ранжувания и их применение: Дис. канд. техн. наук: 05.13.16. - К., 1994. - 133 с.
124. Гнатиенко Р.М., Алгоритмы обработки экспертной информации в задачах ранжувания и их применение: Автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.13.16. - К., 1994. - 16 с.
125. Гнатиенко Р.М. Классификация задач одной модели анализа данных // Киев. Ун-т. - К., 1992. - 89 с. – Укр. - Деп. в Укриндinti 18.06.92, №911 – Ук92.
126. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технологических решений. - М.: Мир, 1990. - 208 с.



127. Гнатиенко Р.М., Снитюк В.Є. Экспертные технологии принятия решений: Монография. - К.: ООО «Маклаут», – 2008. - 444 с.
128. Лопотко О.В. Математические модели в расчетах на ЭВМ: Учебное пособие. - 2-ге вид., стерео. - Львов: «Магнолия 2006», 2007. - 200 с.
129. Бевз С.Н. Агрегирование признаков по критерию непротиворечивости // Автоматика. - 1987. - №2.
130. Мельник Т.П. Методы вычисления на ЭОМ. Delphi и ООП. PERL. - Ровно: Волынские береги, 2009. - 128 с.
131. Сапсай Г.И., Мельник Т.П. Усовершенствование противопаводковых мер для оптимизации режима работы мелиоративной системы р. Боржавы. - Ровно: Волынские береги, 2009. - 40 с.
132. Ромашенко М.И., Савчук Д.П. Катастрофическое наводнение и затопления на Закарпатье в марте 2001 р. – К.: Водное хозяйство Украины, №1-2, 2002.-с.4 - 10.
133. Ромашенко М., Савчук Д. Водные стихии. Карпатские наводнения. - К.: Аграрная наука, 2002. - 304 с.
134. Мельник Т.П. Некоторые аспекты математического моделирования формирования процесса стока рек Закарпатья.// Наук. журнал №2(19) 2008 год «Математическое моделирование» ст. 50-54.

ПРИЛОЖЕНИЕ  
Данные Государственного проектно-поискового  
института «Львовдипроводхоз»

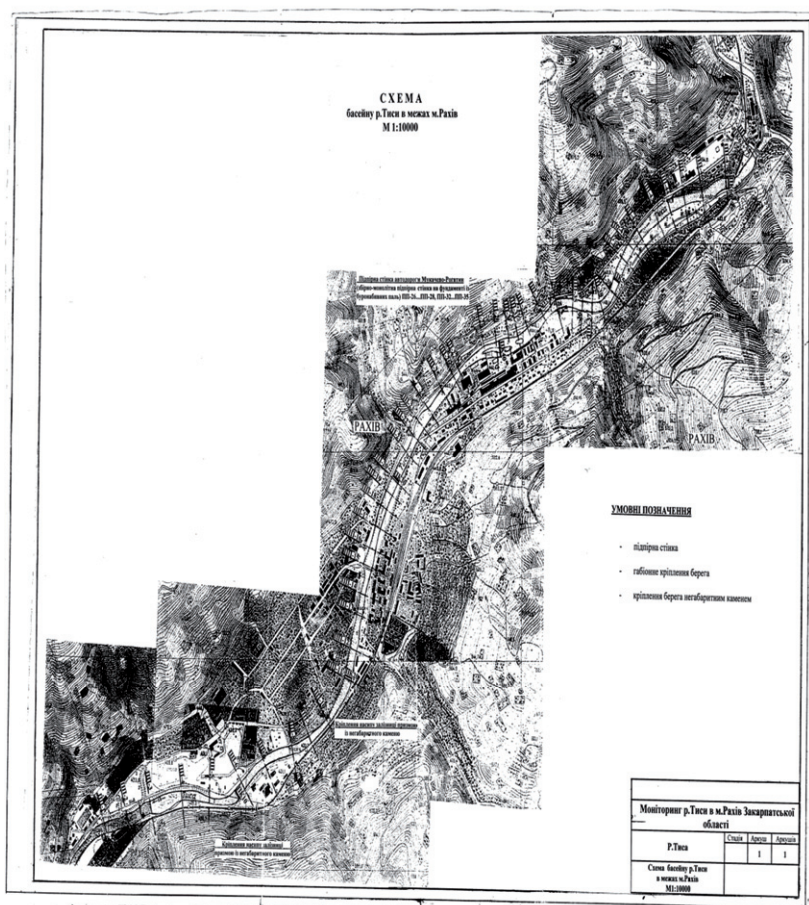


Рис.1. Схема басейна р. Тиси в пределах г. Рахов с разбивкой поперечников

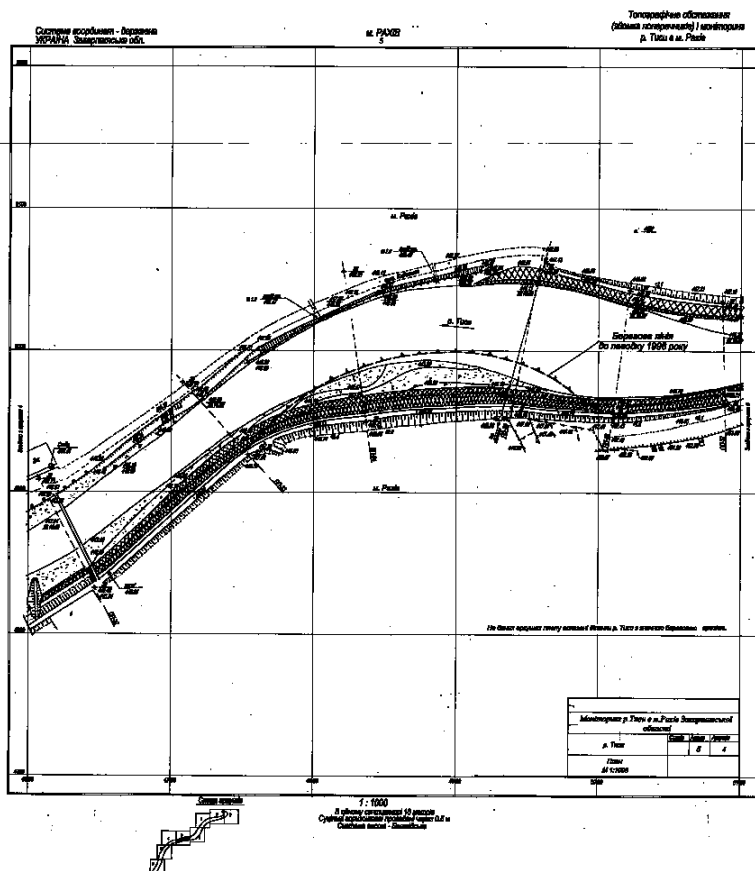


Рис.2. Топографические исследования отдельных участков  
с разбивкой поперечников



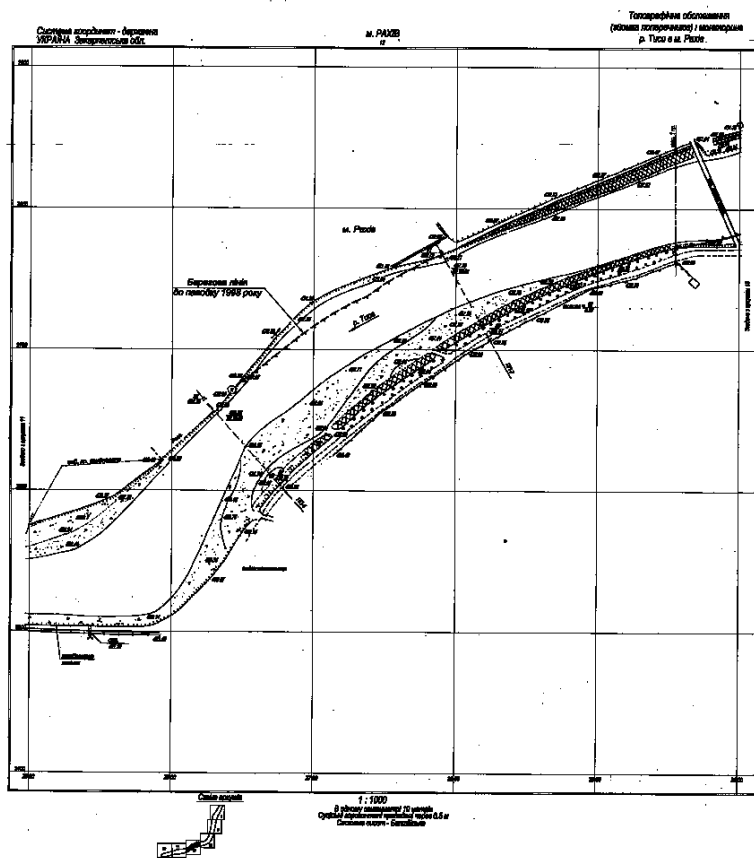


Рис.4. Топографические исследования отдельных участков  
с разбивкой поперечников



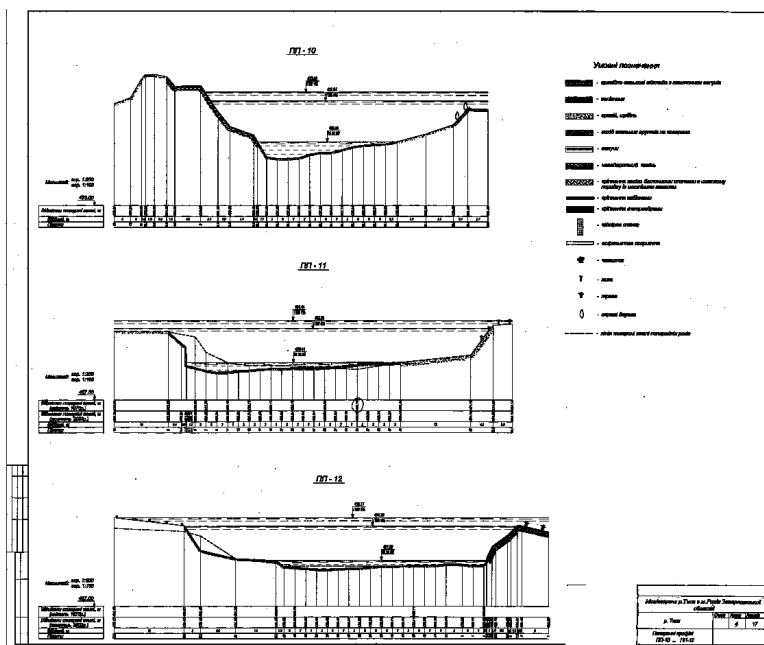


Рис.6. Мониторинг р. Тисы в г. Рахов. Поперечники 10-12



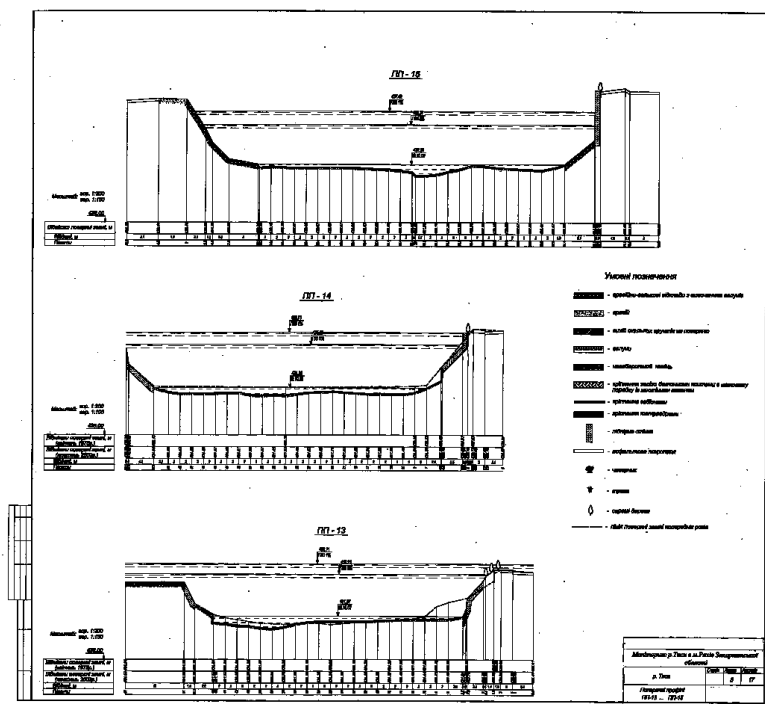


Рис.7. Мониторинг р. Тисы в г. Рахов. Поперечники 13-15

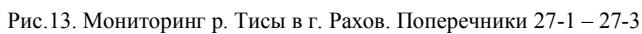




















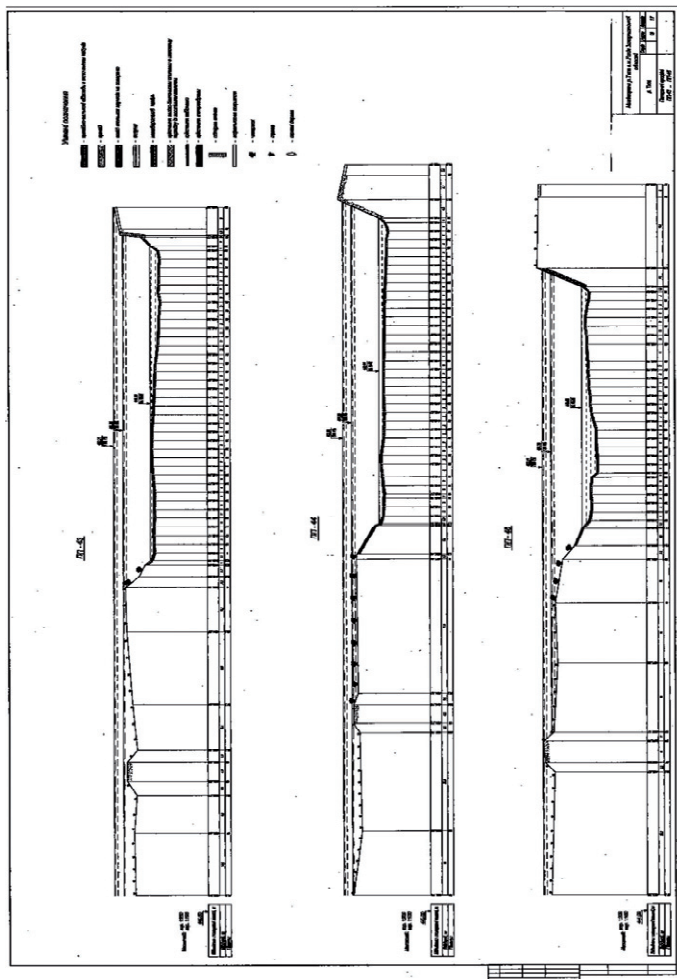


Рис.17. Мониторинг р. Тисы в г. Рахов. Поперечники 43-45







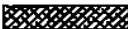










-  - гравійно-галькові відклади з еключенням валунів
-  - гравій
-  - вихід скельних ґрунтів на поверхню
-  - валуни
-  - негабаритний камінь
-  - кріплення залізо-бетонними плитами в шаховому порядку із мостінням каменем
-  - кріплення габіонами
-  - кріплення тетраедами
-  - підпірна стінка
-  - асфальтове покриття
-  - чагарник
-  - трава
-  - окремі дерева

Рис.20. Условные обозначения поперечников



	рівень води 1% забезпеченості
	рівень води 5% забезпеченості
	ліва бровка
	права бровка
	горизонт води (жовтень 2002р.)
	існуюче дно ріки (жовтень 2002р.)
	середнє дно ріки (жовтень 2002р.)
	дно ріки попередніх років
	існуючий міст
	водотік, який впадає справа
	водотік, який впадає зліва

Рис.22. Условные обозначения поперечников





Рис.23 Фото участка р. Тисы





Люблю книги  
ljubljuknigi.ru



yes  
**I want morebooks!**

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн - в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов!  
Мы используем экологически безопасную технологию "Печать-на-Заказ".

Покупайте Ваши книги на  
**[www.ljubljuknigi.ru](http://www.ljubljuknigi.ru)**

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at  
**[www.ljubljuknigi.ru](http://www.ljubljuknigi.ru)**

OmniScriptum Marketing DEU GmbH  
Heinrich-Böcking-Str. 6-8  
D - 66121 Saarbrücken  
Telefax: +49 681 93 81 567-9

[info@omniscrptum.com](mailto:info@omniscrptum.com)  
[www.omniscrptum.com](http://www.omniscrptum.com)

OMNIScriptum



