Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Удмуртский государственный университет»

Институт естественных наук
Кафедра географии, картографии и геоинформатики
направление подготовки 05.03.02 География

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему
«Влияние гидрологических факторов на формирование русел рек бассейна р. Чепца»

Работу выполнил студент
Группы ОБ-05.03.02.05-41
Ившина Полина Алексеевна /_____
(подпись)

Научный руководитель
к.г.н., доцент
Петухова Л. Н. /_____
(подпись)

Заведующий кафедрой
к.г.н., доцент
Сидоров В. П.
_____
(решение о допуске)
_____
(подпись)

«____» _____2025г.

Ижевск – 2026 г.

ВКР УдГУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

ГЛАВА 1. РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И РУСЛОВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ 5

1.1. Русловые процессы 5

1.2. Русловые деформации. Горизонтальные русловые деформации 6

1.3. Факторы развития русловых процессов, русловых деформаций 9

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ ЧЕПЦА. ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧЕПЦА 14

2.1. Геолого-геоморфологические условия 14

2.2. Климатические условия 16

2.3. Почвенно-растительный покров 18

2.4 Факторы развития горизонтальных русловых деформаций в бассейне реки Чепца 20

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА РАЗВИТИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧЕПЦА 26

3.1 Методика исследования 26

3.2. Доля размываемых берегов в бассейне реки Чепца 31

3.3 Влияние гидрологических показателей на средние и максимальные скорости размыва берегов рек бассейна р.Чепца по натурным исследованиям 34

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 50

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 52

ПРИЛОЖЕНИЯ 55

ВКР УдГУ

ВВЕДЕНИЕ

Рельеф земной поверхности непрерывно изменяется. Среди ряда геоморфологических факторов, оказывающих существенное влияние на ландшафт, особое место занимает деятельность рек и связанные с ней русловые процессы [21]. Процесс формирования речного русла начинается с момента появления постоянного водотока [10].

Русло рек постоянно трансформируется под действием природных и антропогенных факторов. Процессы, происходящие в руслах больших и малых рек, имеют свои особенности. Малые реки обладают специфическим гидрологическим режимом, их русловые деформации и перенос наносов значительно отличается от крупных рек. Поэтому изучение морфодинамики русел малых рек имеет большое научное и практическое значение. Малые реки, как известно, гораздо быстрее и интенсивнее, нежели крупные, реагируют на изменения в бассейнах, вызванные как природными явлениями, так и деятельностью человека. Реки, подвергаясь антропогенному воздействию, могут негативно влиять на жизнь людей. Боковое смещение русел рек способно разрушать инфраструктуру, коммуникации, наносить ущерб населенным пунктам, уничтожать ценные сельскохозяйственные и лесные угодья, рекреационные зоны. Изучая русловые процессы, можно прогнозировать возникновение этих опасных ситуаций на реках конкретной территории.

В информации о русловых процессах нуждаются практически все отрасли человеческой деятельности, связанные с использованием рек. Исследование развития русел рек, их деформаций необходимо для рационального использования и охраны водных ресурсов [16].

Таким образом, работа **актуальна** тем, что собранный материал послужит основой для составления прогноза дальнейшего развития русла реки и ее притоков, которое непосредственно влияет на хозяйственную деятельность человека на данных территориях.

Объектом исследования является бассейн реки Чепца.

ВКР УдГУ

Предметом исследования является влияние гидрологических факторов на формирование русел рек бассейна р. Чепцы.

Целью данной работы является анализ влияния гидрологических факторов на развитие горизонтальных русловых деформаций русел рек бассейна р. Чепцы. Для решения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить литературу о русловых процессах и русловых деформациях.
2. Изучить и проанализировать физико-географическую характеристику бассейна р. Чепца.
3. Выявить основные факторы развития горизонтальных русловых деформаций на реках бассейна Чепцы.
4. Установить и проанализировать зависимость гидрологических факторов на развитие горизонтальных русловых деформаций в бассейне реки Чепца.

Основные методы, которые были использованы: картографический, сравнительно-географический и аналитический.

В теоретической основе исследования лежат научные работы таких ученых, как Чалов Р.С., Маккавеев Н.И., Рысин И.И., Петухова Л.Н., внесших большой вклад в изучение тем о русловых процессах на реках.

ВКР УдГУ

ГЛАВА 1. РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕСЫ И РУСЛОВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ

1.1. Русловые процессы

Формирование речного русла начинается с момента появления постоянного водотока. Для существования реки необходимо такое количество воды, которое будет превышать испарение, фильтрацию в почву, транспирацию водной растительности, что обеспечит эрозию дня и переноса наносов – твердых частиц, поступающих в поток с водосборного бассейна и в результате размыва грунтов ложа реки [10]. Так развитие речных русел является результатом сложного сочетания различных факторов, степень проявления которых неодинакова в конкретных природных условиях [12]. Русловые процессы рассматриваются как неотъемлемый элемент физико-географической среды: геологические, климатические, почвенные и геоботанические условия каждой территории предопределяют тот или иной морфологический облик протекающих здесь рек и особенности их русловых деформаций.

Непрерывное взаимодействие потока и русла, образующих вместе единый комплекс, в котором активная роль принадлежит потоку, является основным содержанием руслового процесса, представляющего собой главный результат образования и развития постоянных водотоков.

Изучение русловых процессов началось в Европе в XVII - XIX веках, когда на реках начали проводиться исследования для обоснования проектов улучшения судоходных условий.

Развернувшаяся в конце XIX — начале XX в. «борьба за глубины» между сторонниками выправления и углубления рек привела к необходимости научного обоснования целого комплекса проблем русловых процессов. Между 1892 и 1904 годами был проведен ряд съездов российских деятелей по водным путям и ряд международных конгрессов по судоходству. В дискуссиях о

ВКР УлГУ

способах улучшения судоходных условий зарождались первые научные представления о русловом процессе [28].

Русловые процессы - это изменения морфологического строения речного русла и поймы, обусловленные действием текущей воды. Русловые процессы проявляются во взаимодействии потока и русла реки [21].

Русловые процессы - есть совокупность явлений, возникающих при взаимодействии руслового потока и грунтов, слагающих русла и берега рек, определяющих развитие различных форм речных русел и руслового рельефа и режим их сезонных, многолетних и вековых изменений, обуславливающих размывы дна и берегов и осуществляющих транспорт и аккумуляцию наносов [12].

Русловые процессы - природное явление, возникающее и развивающееся в конкретной естественно-исторической обстановке. Через гидрологическую составляющую русловых процессов физико-географические условия в наиболее полном виде отражаются в формировании речных русел [11].

1.2. Русловые деформации. Горизонтальные русловые деформации

Классификации типов русел (русловых процессов) основаны на процессах нарушения баланса наносов на тех или иных участках речного русла. Изменение расхода наносов вдоль потока должно неизбежно сопровождаться изменениями русла: при увеличении расхода наносов вдоль реки должен происходить размыв русла (эрозия), при уменьшении расхода - намыв русла (аккумуляция). Эти непрерывные переформирования русла, происходящие под действием текущей воды (изменение положения и размеров русла, поймы и отдельных русловых образований, т.е. размыв и намыв дна и берегов), называются русловыми деформациями.

Русловые деформации по времени своего развития могут быть *направленными* и *периодическими*. *Направленные* (необратимые) включают в себя деформации, вызывающие трансформацию продольного профиля в результате глубинной эрозии или аккумуляции, и деформации, изменяющие

ВКР УлГУ

план русла в результате боковой эрозии. *Периодические* (обратимые) деформации - это либо наращивание гребней перекатов в половодье, либо размыв гребней в межень.

По направленности развития, роли в осуществлении эрозии грунтов, транспорта и аккумуляции наносов все русловые деформации делятся на три группы:

1) *вертикальные*, вызывающие трансформацию продольного профиля реки (врезание или аккумуляция) и изменения отметок дна русла.

2) *горизонтальные*, связанные с перемещением русла в плане (плановые деформации).

3) *грядовое движение наносов* - наиболее универсальный вид русловых деформаций, проявляющийся в морфологии русла. Оно включает в себя как горизонтальные (изменения положения гряд в русле), так и вертикальные (смыв наносов с верхнего склона и накопление на низовом откосе, сезонные изменения высоты гребня и т.д.) деформации, протекающие одновременно и с одинаковыми скоростями.

Каждый из видов русловых деформаций можно классифицировать по масштабу их проявления. Если изменения затрагивают всю реку или значительные ее участки, они относятся к *общим деформациям*. Если они проявляются в пределах форм русла, или на перекатах, либо на ограниченных по длине отрезках русла, то такие деформации являются *местными* или *локальными*, вызывающими изменения отдельных форм русла.

В зависимости от распространения русловых деформаций во времени вверх или вниз по течению реки они являются *регрессивными* или *трансгрессивными*.

Русловые деформации, русловые процессы, а, следовательно, и типы русел, которые они создают, очень разнообразны.

Горизонтальные русловые деформации. В зависимости от условий руслоформирования горизонтальные русловые деформации являются направленными или периодическими. *Направленные* деформации

ВКР УлГУ

заключаются в постоянном смещении русла в сторону коренного берега благодаря возникновению при руслоформирующем расходе воды такой структуры потока, которая обусловливает размыв дна возле него и аккумуляцию наносов вдоль поймы. Вследствие направленного смещения русла долина приобретает асимметричный поперечный профиль, а пояс блуждания реки оказывается намного уже поперечника поймы. Это происходит под влиянием таких факторов, как силы Кориолиса (закон Бэра), устойчивое направление сильных ветров, тектонические перекосы земной поверхности.

Периодические деформации заключаются в образовании, развитии и спрямлении свободных излучин, в попеременном развитии рукавов в разветвленном русле, их отмирании, причленении островов к берегам и образовании новых островов. Их аналогом на уровне макроформ руслового рельефа является отторжение побочней и кос, причленение осередков к берегам, смещение побочней и других грядовых форм руслового рельефа. Они развиваются как следствие гидравлической структуры потока, местных изменений его мощности и транспортирующей способности; с ними связано образование меандрирующих, разветвленных на рукава и относительно прямолинейных неразветвленных русел. В пределах отдельных излучин или разветвлений горизонтальные деформации являются местными. Если тот или иной тип русла (и соответствующие ему горизонтальные деформации) наблюдаются по всей реке или на морфологически однородных участках, они приобретают общий характер [23].

Скорости и масштабы развития горизонтальных русловых деформаций можно характеризовать различными показателями. Один из них - отношение суммарной протяженности участков размывов право и левобережья ко всей длине оцениваемого отрезка русла, или доля размываемых берегов ($Д_{рб}$) (%).

Диапазон значений доли размываемых берегов изменяется в широких пределах - от полного отсутствия смещения русла, до макимальных показателей, достигающих 80-100 %.

ВКР УлГУ

Еще один показатель, характеризующий скорости и масштабы развития горизонтальных русловых деформаций является интенсивность или скорость плановых смещений русла, на которые существенное влияние оказывают размеры реки (порядок, водность и т.д.) [21].

1.3. Факторы развития русловых процессов, русловых деформаций

Основные факторы русловых процессов - сток воды, литология горных пород и отложений, сток наносов. Вместе с тем на руслоформирование оказывают влияние ледовые явления, ветер, растительность, существующая форма русла и долины, носящие временный или местный характер. Все эти факторы сложно взаимодействуют и связаны между собой причинно-следственными связями: сток наносов зависит от гидравлических характеристик потока (в первую очередь скорости течения); крупность наносов влияет на уклон и шероховатость ложа, т.е. на гидравлические сопротивления, а через них на скорость течения и т.д. Антропогенные воздействия изменяют природные факторы русловых процессов.

Природные факторы русловых процессов разделены на две группы. К активным факторам относятся сток воды и сток наносов. Прекращение стока воды влечет за собой исчезновение реки и самого процесса. Водные потоки имеют различную водоносность и неодинаковый водный режим, что определяет различия в условиях формирования русел в разных природных условиях и по длине речных систем. Сток наносов составляет сущность русловых процессов, определяя образование и эволюцию форм русла и форм руслового рельефа. Движущиеся вместе с потоком частицы сами воздействуют на ложе реки, формируют гряды разных размеров, создающих особый вид гидравлических сопротивлений, и являются основой образования форм самого русла.

Пассивные факторы — внешние по отношению к потоку, определяющие форму и крутизну продольного профиля, гидравлические сопротивления потока, его состояние (открытое, подо льдом, ледоход, образование заторов и

ВКР УлГУ

зажоров), насыщенность наносами и их крупность и т.д. Поток их видоизменяет либо приспосабливается к ним, создавая соответствующую форме проявления пассивного фактора внутреннюю структуру. К ним относятся факторы, определяющие поступление наносов в русло. Среди них наиболее значимыми являются геолого-геоморфологические строения долины и русла реки. При этом форма воздействия пассивных факторов на русла рек и русловые процессы двоякая: прямая, соответствующая условиям непосредственного воздействия их на поток, и косвенная, определяющая опосредованное воздействие факторов через промежуточные звенья.

Сток воды. Сток воды как основной активный фактор русловых процессов определяет размеры русла, которые находятся в прямой зависимости от его величины. Связь глубин с расходами воды не столь тесная. В большей степени расходы воды связаны с относительной глубиной русел.

Малые и средние реки в условиях свободного развития русловых деформаций, как правило, меандрируют, тогда как большие разветвляются на рукава. Рост площади водосбора и, соответственно, водности реки происходит в основном скачкообразно, при впадении притоков.

Динамика естественных русловых потоков сильно усложнена неравномерностью стока в сезонном и многолетнем разрезах. Направленность процессов руслоформирования во многом зависит от того, с какой интенсивностью и насколько изменяется количество воды, которое протекает по руслу. С увеличением расхода воды поток формирует относительно более крупные излучины, углубляет плесы, образует перекаты. При уменьшении расхода воды поток не в состоянии промывать глубокие плесы и откладывает в них наносы. На перекатах, где происходило преимущественное отложение наносов в половодье, меженный поток имеет увеличенный уклон, размывает их гребни, создавая между побочнями относительно углубленную по отношению к ним борозду – корыто переката. Поток половодья перерабатывает формы руслового рельефа, созданные в межень, а меженный

ВКР УлГУ

поток – формы, созданные в половодье. Таким образом, неравномерность стока является одной из причин деформаций русла.

Сток наносов. Физическую сущность русловых процессов, наряду с взаимодействием водных потоков с руслами и грунтами, их слагающими, составляет перемещение наносов. Поэтому многие закономерности русловых процессов связаны с величиной и изменчивостью стока наносов, механизмами их транспорта, а сам сток наносов является важнейшим фактором русловых процессов.

Сток наносов влияет на русловые процессы через изменение соотношения между и транспортирующей способностью потока, т.е. максимальным количеством наносов, которое может переносить поток при данных гидравлических характеристиках. При увеличении стока речных наносов сопровождается их аккумуляцией, ростом объема речных отложений, а уменьшение — размывом дна и берегов рек, уменьшением объема отложений. Это является причиной вертикальных и горизонтальных русловых деформаций. Интенсивность их зависит от абсолютной величины стока наносов.

Геолого-геоморфологические факторы. Геологическое строение, литология горных пород, рельеф оказывают влияние на форму долины, уклоны и состав руслообразующих наносов.

Геоморфологический фактор создает местные условия формирования русла благодаря расположению русла вдоль высокого коренного берега или чередовании сужений и расширений дна долины. При размыве рекой песчаных уступов террас в русло поступает избыточное количество наносов, что является причиной формирования непосредственно ниже по течению мелководных перекатов, а на больших реках — сложных разветвлений.

Влияние геологического строения территории на русловые процессы проявляется в различных условиях развития русловых деформаций на реках. В условиях свободного развития русловых деформаций слабая устойчивость пород, слагающих ложе реки, и мелкий русловой аллювий обусловливают

ВКР УлГУ

преимущественную роль потока в его взаимодействии с руслом и формирование широкопойменных русел.

В условиях ограниченного развития русловых деформаций, соответствующих распространению трудноразмываемых или неразмываемых пород, поток, обладающий даже значительной мощностью, управляется руслом, формируются врезанные русла.

В скальных породах русло полностью приспосабливается к геологическому строению, а его формы, как правило, не связаны со структурой потока, хотя в определенной мере и моделируется им. В пластичных породах поток моделирует первичные формы русла, которые нередко отражают их начальные (исходные) очертания.

Климатические и метеорологические факторы. Объем речного стока и его режим находятся в тесной зависимости от условий, определяющих соотношение тепла и влаги. Для того чтобы существовала река, количество атмосферных осадков, выпавших на водосбор, должно быть достаточным для поддержания постоянного течения и компенсации потерь на испарение, транспирацию, фильтрацию в грунты и т.д.

Ветер. Определенное влияние ветер оказывает на русловые процессы больших и крупных рек. Сила ветра над водной поверхностью заметно возрастает, способствуя развитию волнения, разрушающего берега.

Ледовый режим. Оказывает заметное влияние на русловые процессы на реках, на которых формируются ледяной покров и заторы во время ледохода. В широкопойменном русле в результате образования заторов поток, обходя ледяную «плотину», спрямляет излучины или размывает боковые рукава. При прорыве затора образуется мощная, быстро перемещающаяся волна, производящая размывы русла. При ледоходе плывущие льдины воздействуют на берега, вызывают их разрушение.

Влияние растительности на русловые процессы. Растительность оказывает прямое и косвенное воздействие на русловые процессы. Косвенные заключаются в регулирующем влиянии растительности на сток и поступление

ВКР УлГУ

наносов в реку. Растительность на водосборе, особенно лесная, способствует снижению максимальных расходов половодий и паводков, а также некоторому увеличению водности межени.

Более заметно влияние растительности на поступление в реки наносов. Разница в насыщенности вод рек наносами с облесенными и необлесенными водосборами достигает порядка величин. Сведение естественной растительности, распашка земель и сопутствующая им эрозия почв обуславливают избыточное поступление в реки наносов, что приводит к заилению и деградации русел малых рек. Скорость пойменного потока на залесенной пойме существенно ниже, чем на луговой.

Биогенные факторы. Биогенные факторы (деятельность живых организмов и бактериофлоры) относятся к второстепенным факторам русловых процессов, но иногда их роль оказывается достаточно заметной. Выделятся как косвенное воздействие организмов на геоморфологические процессы, так и непосредственное зоогенное рельефообразование, к которому относятся также механические изменения русел живыми организмами [23].

Таким образом, русловые процессы и русловые деформации есть результат взаимодействия всех компонентов физико-географической среды: геологические, климатические, почвенные и геоботанические условия территории предопределяют тот или иной морфологический облик протекающих здесь рек и особенности их русловых деформаций.

ВКР УлГУ

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ ЧЕПЦА. ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧЕПЦА

2.1. Геолого-геоморфологические условия

Геолого-геоморфологические особенности территории играют ключевую роль в формировании поверхностного стока и трансформации русел рек. Структура рельефа, а также состав горных пород и рыхлых отложений определяют пространственное распределение и плотность речной сети, а также влияют на интенсивность и характер изменений русла [21].

Водосборный бассейн реки находится в восточной части Русской равнины, в пределах среднего Предуралья. Его геологическая основа – докембрийская Русская платформа, что и определяет плоский характер рельефа данной местности.

Формирование геологического облика территории происходило под влиянием трех ключевых тектонических мегациклов: раннедокембрийского, позднедокембрийского и палеозойско-кайнозойского. Именно эти циклы привели к появлению как крупных тектонических элементов, так горных пород с разнообразным минеральным составом [6].

В основе территории бассейна лежит кристаллических фундамент, который осложнен многочисленными разломами. Преобладающее северо-восточное направление этих разломов привело к формированию блоковых структур – горстов и грабенов. Направленность разломов оказывает влияние на рисунок речной сети [18].

Осадочный чехол имеет мощность 3-5 км и состоит из пород верхнего протерозоя, девона, карбона, перми, триаса и четвертичного периода. На поверхность выходят только верхнепермские и более молодые отложения [21].

Отложения девонской системы встречаются повсеместно. Они представлены известняками, песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Каменноугольная система, разделена на три отдела, состоит из известняка,

ВКР УдГУ

аргиллита, доломита, алевролита, песчаника, гипса с прослоями углистых сланцев и каменных углей.

В пределах бассейна наблюдается широкое распространение пород пермской системы. Нижний отдел этой системы сложен известняками, доломитами [6].

Отложения четвертичной системы залегают в виде почти сплошного чехла рыхлых отложений, сравнительно небольшой мощности. По происхождению они подразделяются на элювиальные, склоновые, аллювиальные, болотные и эоловые [4].

Рельеф бассейна реки во многом обусловлен составом и залеганием выходящих на поверхность горных пород.

На протяжении длительного времени, начиная с мезозоя, континентальное развитие рельефа претерпевало значительные изменения, сопровождающееся неоднократной сменой тектонического режима и климата. Эти изменения привели к формированию трех поверхностей выравнивания, различающихся по возрасту и высоте. Закономерное распределение высотных отметок свидетельствует о ступенчатом строении денудационных равнин [8].

Специфика состава и залегания пород казанского и татарского ярусов пермской системы напрямую влияют на формирование рельефа денадуционных равнин. Незначительный общий моноклинальный наклон пластов приводит к появлению куэстовых форм рельефа на поверхности равнин [8]. Главная причина заключается в свойствах самих пород: участкам равнины, сложенные устойчивыми к выветриванию и размыву породами, соответствует рельеф с пологим уклоном. Напротив, в зоне выхода менее прочных и более подверженных разрушению пород, куэстовое строение уступает место останцово-холмистому рельефу.

Особенности рельефа денадуционных равнин, обусловленные их геологическим строением, играют существенную роль в формировании облика речных долин и, как следствие, в формировании поверхностного стока.

ВКР УлГУ

Для бассейна реки типично преобладание в русле песчаных и песчано-галечных отложений, которые непосредственно влияют на стабильность русла.

Продольный уклон реки играет существенную роль в формировании ее русла и в процессах перемещения наносов. На равнинных участках бассейна реки Чепца, где перепады высот незначительны, уклоны поверхности меняются мало, что типично для равнинных рек.

Широкое распространение рыхлых четвертичных отложений, перекрывающих более древние породы, способствует свободному развитию русла и формированию широких пойм. Однако, в тех местах, где коренные породы выходят на поверхность, русловые деформации сталкиваются с ограничениями. Это проявляется в появлении вынужденных и адаптированных ирлучин, при расположении возле коренного берега [21].

2.2. Климатические условия

Гидрологический режим рек в значительной степени определяется совокупностью климатических факторов.

На территории речного бассейна преобладает умеренно континентальный климат, характеризующийся длительной, снежной зимой и теплым, коротким летом, с четко выраженными переходными сезонами – весна, осень [7].

Климат территории в значительной степени формируется под воздействием умеренных воздушных масс Атлантики, приобретающие континентальные черты из-за удаленности территории от океана. Однако именно они являются основным источником осадков, обуславливающие зимние оттепели и прохладное, влажное лето. Периодически с юга и юго-востока проникают континентальные тропические воздушные массы, приносящие летнюю жару и засуху, а зимой – потепление. Вторжение арктического воздуха вызывает резкое похолодание, приводящее к сильным морозам зимой и заморозкам весной и осенью. В целом, на территории бассейна в течение года преобладают континентальные воздушные массы,

ВКР УдГУ

которые определяют температуру, количество осадков, а также силу и направление ветров [21].

Атмосферные осадки играют ключевую роль в восполнении запасов пресной воды на суше. Характер выпадения осадков напрямую определяет интенсивность поверхностного стока и наполнения запасов подземных вод. Среднегодовое количество осадков составляет 500-600 мм [7]. В период с апреля по октябрь, когда преобладают жидкие осадки, выпадает 300-400 мм. В течение пяти месяцев вегетационного периода (май-сентябрь) сумма осадков достигает 250-310 мм. Летние месяцы часто характеризуются интенсивными, но кратковременными ливнями, способными принести до 30 мм осадков за один раз. Наибольшее количество таких ливней наблюдается в июле. Осадки высокой интенсивности и продолжительности могут приводить к резкому повышению уровня воды в реках, вызывая затопление пойм и интенсивную эрозионную деятельность [21].

На исследуемой территории, ввиду особенностей климата, снежный покров играет ключевую роль в формировании водного режима рек. Снежный покров защищает землю от глубокого промерзания почвы. Во время весеннего снеготаяния в реки поступает значительные объемы воды, что влечет за собой повышение уровня рек, приводящую к активизации русловых процессов.

Формирование снежного покрова на данной территории обычно начинается во второй декаде ноября и достигает наибольшей высоты к середине марта.

Интенсивное снеготаяние начинается 5-10 апреля и окончательный сход снежного покрова происходит в конце второй-начале третьей декады апреля. Продолжительность снеготаяния составляет около 25 дней. Средняя продолжительность залегания снежного покрова - 160-170 дней. Максимальные запасы влаги в снеге накапливаются к весне и в среднем составляют 156 мм. Запасы влаги в снежном покрове далеко не полностью поступают в почву, образуя поверхностный сток. Количество воды в снежном покрове зависит от его плотности. Плотность свежевыпавшего снега мала и

ВКР УдГУ

составляет около 0,1 г/см^3. В течение зимы она увеличивается в основном под влиянием оттепелей. В марте обычно плотность снежного покрова достигает максимальной величины, составляя 0,25-0,30 г/см^3. Большую часть года преобладает юго-западное направление ветра. Летом преобладают ветры северо-западных румбов. Средняя годовая скорость ветра 3-4 м/с. Наибольшие скорости ветра отмечаются зимой (октябрь-март), наименьшие — летом, в июле и августе. Штилевая погода бывает редко, в среднем всего 6-13 дней в году.

Ветры оказывают влияние на перераспределение снежного покрова, соответственно, западные склоны оказываются более занесенными снегом, более увлажненными.

Достаточно влажный климат территории бассейна реки обуславливает формирование хорошо развитой речной сети. Гидрологический режим рек, руслоформирующие расходы, влияющие на интенсивность развития русловых процессов, определяются, прежде всего, климатическими параметрами [21].

2.3. Почвенно-растительный покров

Формирование почвенно-растительного покрова Удмуртии обусловлено сочетанием умеренно-континентального климата и холмисто-увалистого рельефа. Основой для его развития послужили продукты выветривания осадочных пород пермского и триасового периодов, которые в четвертичном периоде были подвержены переотложению в результате аллювиальных, делювиально-солифлюкционных и эоловых процессов [21].

Удмуртии находится в лесной зоне, а территория бассейна реки Чепца относится к подзоне южной тайги [15]. Растительность, являясь функцией климата, почв, подстилающих их грунтов и материнских пород, а также хозяйственной деятельности, несомненно, оказывает влияние на процессы формирования речного стока. Леса удлиняют периоды весенних половодий и осенних паводков, сокращая при этом уровень воды во время межени. Также они способствуют увеличению осадков Создавая естественные барьеры от

ВКР УдГУ

ветра и температурных колебаний, они обеспечивают более равномерное распределение снежного покрова, снижают его плотность и теплопроводность, что в итоге уменьшает глубину промерзания почвы [26].

Растительность оказывает существенное влияние, непосредственное и косвенное, на работу рек. За счет снижения интенсивности смыва со склонов и уменьшения объемов твердого материала, растительный покров способствует более глубокому врезанию речных долин - активизации глубинной эрозии.

Вырубка лесов приводит к существенному росту половодного и паводочного расходов, но при некотором сокращении их продолжительности. Это имеет значительные последствия для русловых процессов, поскольку именно весеннее половодье отвечает за формирование русла и затоплению пойм. Изменения гидродинамических характеристик водного потока напрямую влияет на эрозионные и аккумулятивные процессы в речной долине, в том числе и на динамику русловых процессов [21].

В почвенном покрове ведущая роль принадлежит подзолистым почвам, среди которых наибольшее распространение получили дерново-подзолистые [15].

Значительная расчлененность рельефа овражно-балочной сетью способствует широкому распространению смытых и намытых почв.

Значительные объемы почвенных частиц, смываемых с междуречных пространств, транспортируются в речные долины, частично аккумулируясь в поймах, частично поступая в русло. С этим тесно связан сток речных наносов, интенсивность и направленность развития русловых процессов [21].

Таким образом, развитие речного русела на территории бассейна реки Чепца определяется сочетанием различных природных факторов:

1) влажный климат способствует развитию густой речной сети;

2) небольшие перепады высот и уклоны территории обуславливают преобладание равнинных рек;

ВКР УдГУ

3) широкое распространение легкоразмываемых отложений определяет преобладание свободных условий руслоформирования и развитие широкопойменных русел.

2.4 Факторы развития горизонтальных русловых деформаций в бассейне реки Чепца

Чепца - это самый крупный приток Вятки. Река берет свое начало в Пермском крае у деревни Игнатьево и течет на северо-запад, пересекая северную часть Удмуртской Республики в пределах Дебёсского, Кезского, Балезинского, Глазовского и Ярского районов на протяжении 285 км. Длина реки составляет 524 км, площадь водосборного бассейна – 20 400 км^2. (рис. 1) [30], [18]. Бассейн реки занимает часть Верхнекамской возвышенности, где большинство рек протекает по равнинной местности [28].



Рис.1 Карта-схема бассейна реки Чепца [27]

Река Чепца характеризуется более быстрым течением по сравнению с другими реками Удмуртии. Она протекает в хорошо сформированной долине, ширина которой достигает 8-10 км. Русло реки отличается малой глубиной и выраженной извилистостью, с частым чередованием отмелей и перекатов. Ширина русла в верхнем течении 20-40 м, в нижнем – 100-120 м [30].

ВКР УдГУ

Река Чепца имеет свыше 60 притоков. Главные ее притоки: в УР - Люк, Пызеп Верхний и Нижний, Люм, Пудем (прав.); Ирымка, Лоза с Итой, Кеп, Юнда, Сепыч, Убыть, Лекма, Лема, Сада (лев.); в Кировской обл. - Святица, Коса [30], [18].

Горизонтальные русловые деформации на исследуемой территории формируются под воздействием гидрологических факторов. Наибольшее влияние оказывают гидрологические показатели реки, которые отличаются между собой водностью, значениями расходов (среднегодовых, меженных, максимальных и т.д.). Расход воды, как известно, зависит от площади водосбора: чем больше площадь водосборного бассейна, тем выше среднегодовые и меженные расходы.

Различия в интенсивности русловых деформаций наблюдаются не только на реках разной величины и находящихся в разных природных условиях, но и в пределах одной реки. По мере движения от истока к устью, увеличение водности реки приводит к изменению скоростей размыва берегов на излучинах [21].

Скорость бокового смещения русла значительно меняется в течении года из-за смены сезонов, т.к. меняется характер руслоформирующей деятельности [21]. Для рек лесной зоны Руской равнины характерно, что основной перенос донных наносов и русловые деформации происходит в период весеннего половодья, так как для рек основное руслоформирующее значение имеют расходы половодья [3]. В период летней межени сильных размывов берегов практически не отмечается [21].

Продолжительность половодья и межени, а также среднегодовой объем стока в разные годы неодинаковы. Если уровень воды во время половодья несколько лет подряд падает, то и изменения русла становятся менее заметными; в то время как повышение уровня половодья, напротив, сопровождается ростом интенсивности деформаций.

Реки бассейна характеризуются высокой водностью. Среднегодовой сток рек в бассейне сменяется от 6 л/сек·км^2 на юге и 9 л/сек·км^2 на севере

ВКР УдГУ

(Прилож. 1). В водном режиме четко проявляются весеннее половодье, летняя межень, летние и осенние дождевые паводки, зимняя межень.

Средний слой весеннего стока на юге и юго-востоке исследуемой территории изменяется в пределах 100-120 мм, в северной части бассейна слой стока составляет 150-160 мм (Прилож. 2). Соответствующие нормы весеннего стока обеспечивают быстрый подъем уровня воды в реках.

Модуль стока взвешенных наносов рек бассейна находится в пределах 30-45 т/км^2·год, что обусловлено невысокой залесенностью части территорий и увеличением распаханности (Прилож. 3). В бассейне р. Чепцы широко распространены легко размываемые песчаные отложения.

Соотношение стока влекомых наносов и общего стока наносов составляет более 50%, где реализация транспортирующей способности осуществляется за счет русловой составляющей (Прилож. 4). Расходов воды, сток наносов и доля в нем влекомой составляющей оказывают большое влияние на ход русловых процессов и русловых деформаций [21].

Таким образом, от гидрологических характеристик водотока (величины стока воды, характера руслоформирующих расходов) прежде всего, зависит интенсивность русловых деформаций. Но помимо водности рек, на интенсивность русловых деформаций влияют многие другие факторы.

Среди геолого-геоморфологических факторов, значительное воздействие на интенсивность русловых деформаций, прежде всего, следует отметить влияние уклона реки и размываемости пород [21].

Скорости смещения берегов сильно зависят от уклона реки: при больших уклонах эрозионно-транспортирующая способность потока возрастает, соответственно, усиливается интенсивность русловых деформаций. В верхних течениях, где уклон максимален наблюдается врезание русла, в нижних течениях - поднятие русла, в средних - относительный баланс. Это объясняется тем, что в верхней части реки, наряду с относительно высокой скоростью течения, вода ещё не насыщена твёрдым стоком и обладает

ВКР УдГУ

большим эрозионным потенциалом. По мере уменьшения уклона реки скорость течения снижается, происходит аккумуляция наносов.

Но ввиду преобладания на изучаемой территории равнинного рельефа, роль уклона в формировании русла выражена незначительно. Однако рассчитанный уклон на реке Чепца и ее притоках, показывает значительность влияния данного фактора на процессы русловых деформаций [21]. Небольшие ручьи и мелкие притоки в верховьях более крупных рек, берущие свое начало на Верхнекамской, Красногорской и Тыловайско-Мултанской возвышенностях имеют высокие значения уклонов. что является одной из причин высокой степени размываемости русел рек за счет донной эрозии. В пределах бассейна Чепцы наибольший уклон у рек Люк (197 см/км), Пызеп (139 см/км), Сепыч (121 см/км), Юс (102,5 см/км), Убыть (83 см/км) и др.

Интенсивность размыва берегов зависит от геологического строения территории и характера пород, слагающие берега (рис. 2). Наибольшая размываемость наблюдается на берегах, сложенных песчаными и супесчаными породами; минимальные показатели характерны для берегов, состоящих из глин, полускальных пород [24].

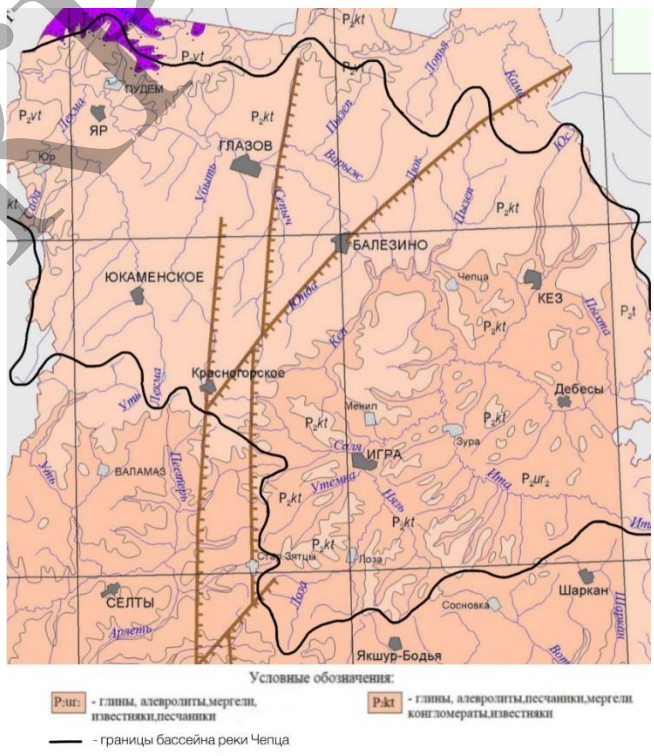


Рис.2 Карта-схема геологического строения территории [27]

ВКР УдГУ

Растительность оказывает существенное влияние на формирование русел рек. Густой растительный покров с развитой корневой системой снижает скорость русловых деформаций. Каркас из корней деревьев настолько прочен, что иногда удерживает на подмываемых берегах огромные массы грунта в нависшем состоянии. Появление зарослей ивняка на прибрежных песках, влияют на режим перекатов и поймы: массивы леса становятся более стабильными, и на поверхности их появляются новые отложения [21].

Карта-схема ландшафтов бассейна р.Чепца (рис. 3) показывает деление территории на ландшафты и их залесенность в процентах. В пределах исследуемой территории общая залесенность составляет – 53,3%, что является высоким показателем. Самая высокая залесенность наблюдается в бассейне реки Лоза – от 56,64% до 88,67% и в бассейне реки Пыхта, залесенность в пределах 70% (табл. 1). Минимальные показатели наблюдается в районах близких к руслу реки Чепца, а также в бассейнах крупных притоков Лекма, Убыть, Сепыч, т.е. левобережье Чепцы, где увеличивается фактор развития горизонтальных русловых деформаций, за счет увеличения доли стока влекомых наносов.

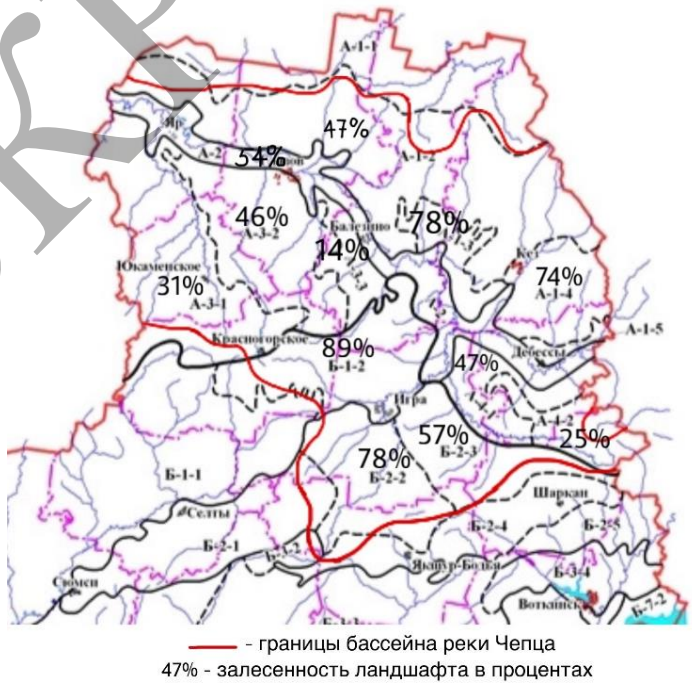


Рис.3 Карта-схема ландшафтов бассейна р.Чепца [9]

ВКР УдГУ

Таблица 1

Залесённость ландшафтов в бассейне р.Чепца, %

Индекс	**Залесённость, %**
А-1-2	47,39
А-1-3	77,91
А-1-4	73,79
А-2	54,23
А-3-1	30,53
А-3-2	45,67
А-3-3	14,36
А-4-1	47,43
А-4-2	25,02
Б-1-2	88,67
Б-2-2	78,40
Б-2-3	56,64

Таким образом, факторы, влияющие на формирование рек бассейна, способствуют развитию русловых процессов и русловых деформаций. Интенсивность бокового смещения зависит от целого ряда факторов, среди которых особо выделяются гидрологический и геолого-геоморфологический.

ВКР УдГУ

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА РАЗВИТИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧЕПЦА

3.1 Методика исследования

Для изучения динамики русел широко используются разнообразные **методы полевых исследований**, среди которых большое значение имеют стационарные наблюдения [22]. Несмотря на то, что они осуществляются в течение длительного времени, такие исследования охватывают лишь сравнительно небольшой участок. Выбор участков проводится аэровизуально или по крупномасштабным картам. На территории Удмуртии по топографическим картам было выделено 55 ключевых участков, достаточно равномерно распределенных по территории, охватывающих реки разного порядка и разнообразные природные ландшафты (рис. 4) [21].

На территории бассейна реки Чепца существует 22 участка стационарных наблюдений, где проводятся измерения данных средних и многолетних исследований за динамикой русловых процессов и деформаций (Прилож. 5).

Полевые работы на реках осуществляются ежегодно (с 1999 года) в летний период, а на отдельных участках дополнительно еще весной и осенью. Главной задачей полевых исследований является изучение скоростей бокового смещения русел. Одним из методов изучения динамики рельефа является метод стержней и марок. Сущность его заключается в проведении повторных замеров расстояний до неподвижных стержневых реперов или марок. Металлические стержневые репера устанавливаются вертикально в почву на такую глубину, чтобы обеспечить полную их устойчивость, и на такое расстояние от береговой линии, чтобы они могли длительно существовать в условиях размыва [21].

ВКР УдГУ

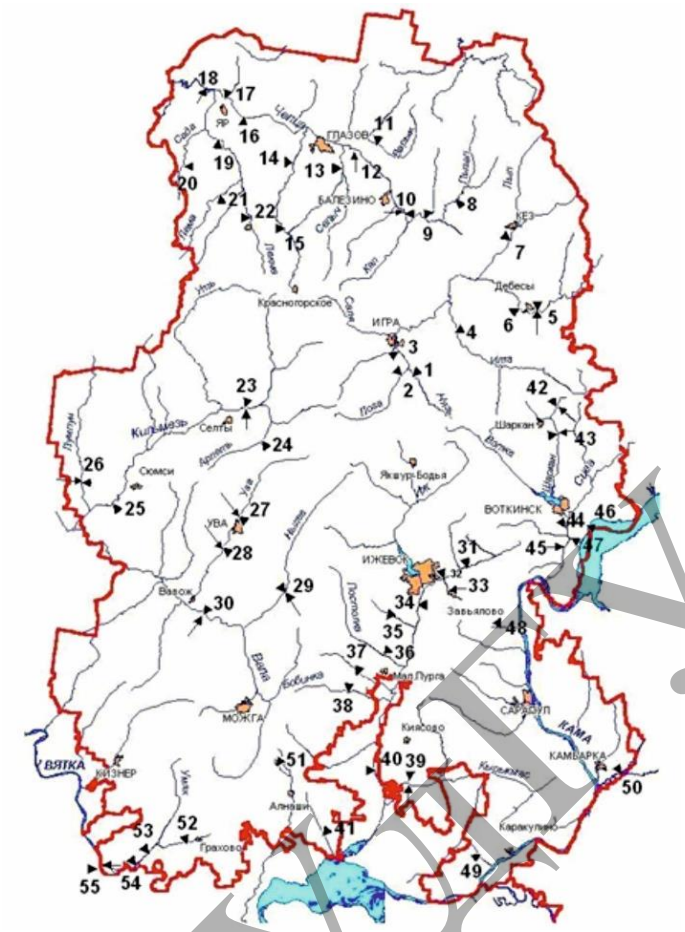


Рис.4 Карта-схема расположения ключевых участков по изучению морфодинамики русел рек [18]

Условные знаки:

▼— места расположения реперов и марок;

↑— места тахеометрической съемки

В качестве «марок» в основном используют отдельно стоящие деревья, столбы, которые специально окрашивают для того, чтобы сделать их хорошо заметными. Также используются земляные марки - выкопанные углубления в форме буквы «Т», хорошо сохраняющиеся в течение длительного времени (длинная часть марки указывает направление, в котором проводится замер). Замеры выполняются по заданному азимуту с помощью стальной мерной ленты до пересечения углублений, где также забивается стальной стержень. В результате определяются данные, измеренные с точностью до сантиметров.

ВКР УдГУ

Метод реперов и марок имеет недостаток — наблюдаются только отдельные точечные участки размыва, а полную картину оценить довольно сложно [21].

Использование картографического материала. Большое количество данных о реках можно получить, анализируя картографический материал. Так для исследования рек бассейна Чепцы с помощью картографического материала для каждой реки был определен её порядок (N) [21].

Традиционно используемая система определения порядков рек от главной реки к притокам удобна лишь для упорядочивания гидрографической информации в специальных справочных материалах. Этот метод лишен физического содержания, так как не учитывает масштабный эффект в изменении гидрологических и других характеристик. Поэтому для гидрологических расчетов необходимо применять такую схему исчисления порядков, которая бы учитывала изменение (увеличение) порядка реки вдоль речной сети вследствие боковой приточности [1].

Для определения порядка рек на территории исследования использовался метод А. Шайдеггера. Для ограничения величины порядка рек он рекомендовал использовать формулу:

$$N_{ш} = \log_2(P)+1$$

где Р - число притоков первого порядка (поток длиной менее 10 км). В этом случае значения $N_{ш}$ - рациональные числа.

Изменение $N_{ш}$ происходит постепенно, плавно, при расчетах учитываются все притоки первого порядка, влияющие на изменения водоносности реки.

Количества рек первого порядка определялись по топографическим картам масштаба 1:100000 [30].

Реки достаточно разнообразны по величине, водности, ряду морфологических показателей. По схеме А. Шайдеггера порядок рек на реках Удмуртии изменяется от 1-2 до 15. От порядка рек зависят многие показатели, в частности интенсивность горизонтальных деформаций. Среди изучаемых на

ВКР УдГУ

территории преобладают реки 4-12 порядков, и, по данным О. М. Пахомовой, большая часть рек входят в группу малых. Но внутри этой группы показатели интенсивности русловых деформаций также различаются. Для более детального изучения русловых процессов возможна их разбивка на более мелкие подразделения. В связи с этим реки были поделены на очень малые (I группа), малые (II группа), средние (III группа) и большие, отличающиеся по гидрологическим и морфометрическим показателям (табл. 2).В бассейне Чепцы выделяются реки I, II и III группы [21].

Сбор и анализ статистического материала. На формирование русел рек значительное влияние оказывает множество факторов, среди которых особое значение оказывают гидрологические показатели реки. В данной работе для выявления связи между гидрологическими показателями реки и боковыми смещениями русел были взяты следующие показатели: уровень воды в реках, расход воды, толщина льда, глубина промерзания почвы, высота снежного покрова и продолжительность снеготаяния.

Уровень воды. Уровнем называется высота поверхности воды, которая отсчитывается относительно нуля графика поста.

Количество (объем) воды, которое протекает в реках, непрерывно изменяется. В соответствии с изменением количества воды уровни поверхностей водных объектов также непрерывно меняются [14].

В режиме реки различают маловодные периоды – периоды межени с низкими уровнями воды (летняя-осенняя, зимняя межень) и периоды многоводные – периоды половодий и паводков с высокими уровнями воды (снеговое половодье, дождевой или ливневый паводок) [17].

Расход воды. Расход воды является важнейшей гидрологической характеристикой, определяющей водные ресурсы реки. Расходом потока или расходом воды в реке называют количество воды Q, протекающее в единицу времени через данное живое сечение. В общем виде количество воды, протекающее в реках, определяют по уравнению:

$$Q = \omega \cdot V$$

ВКР УдГУ

где V – средняя скорость речного потока, ω – площадь живого сечения реки. На основании данных расхода продолжительный период вычисляют средний многолетний расход реки Q, выражаемый в $м^3$/сек [14].

Толщина льда. На начальной стадии появления ледяного покрова на реках появляются забереги. По мере развития заберегов и их смыкания в отдельных местах возникают перемычки, которые являются очагами распространения сплошного ледяного покрова [17].

В пределах бассейна Чепцы на пунктах наблюдения измерения проводились ежегодно с 1955 по 2020 года в период с третьей декады октября по первую декаду апреля, на момент появления ледяного покрова.

Глубина промерзания почвы. Величина, при которой слой почвы приобретает температуры ниже нуля, в результате почвенная вода переходит в твердое состояние. Промерзание почвы препятствует просачиванию воды вглубь, что может оказывать косвенное воздействие на береговые размывы

Высота снежного покрова. Снежный покров представляет собой слой снега на поверхности земли или льда на озёрах и реках, который образуется в результате выпадения твёрдых осадков в холодный период года [17].

Определение высоты снежного покрова осуществлялось методом снегомерной съемки на сельскохозяйственных полях. На исследуемой территории, в бассейне реки Чепца, замеры проводились ежегодно с 2000 по 2026 год каждую декаду месяца на двух пунктах наблюдения – Игринский (пос.Игра) и Глазовский (г.Глазов) районы.

Продолжительность снеготаяния. Скорость таяния снежного покрова влияет на процессы размывов берегов рек. При высокой интенсивности снеготаяния процессы размываемости активнее, чем при медленном таянии снега.

Данные по показателям натурных исследований взяты из Удмуртского ЦГМС – филиала ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС» в период с 2000 по 2025 года. (Прилож. 6-10)

ВКР УдГУ

Для выявления связи между гидрологическими характеристиками и скоростями размывов на реках в программе Excel выполнен расчет с помощью функции КОРРЕЛ, который определил парный коэффициент корреляции. Для графического отображения функциональной зависимости показателей с помощью программы Excel были созданы графики линейной зависимости между показателями с линией тренда и уравнением регрессии.

Интерпретация взаимосвязи между показателями определялась по шкале Чеддока, где выделяется пять видов силы связи (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика силы связи по шкале Чеддока

Показатель тесноты связи	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-0,9	0,9-0,99
Сила связи	Слабая	Умеренная	Заметная	Высокая	Весьма высокая

3.2. Доля размываемых берегов в бассейне реки Чепца

Интенсивность развития горизонтальных русловых деформаций можно характеризовать различными показателями. Один из них - отношение общей длины участков размывов право- и левобережья ко всей длине оцениваемого отрезка русла, или доля размываемых берегов ($Д_{рб}$) (%) [13].

Анализ топографических карт 1:100000 масштаба 1960 и 2004 годов показал, что максимальная доля размываемых берегов в пределах изучаемого бассейна характерна для рек Юс, Люк, Пызеп, Варыж (правые притоки) и Сюрсовайка, Ита, Сепыч, Сыга, Убыть и др. (левые притоки) (табл. 3).

ВКР УдГУ

Таблица 3

Доля размываемых берегов, (%)

Река	Длина размываемых берегов, *км*	Длина реки, *км*	Доля размываемых берегов, *%*
Правые притоки р.Чепца			
р. Лып	3,1	53	5,8
р. Юс (приток р.Лып)	22,9	44	52
р. Костым (приток р.Лып)	2,1	29	7,2
р. Пызеп (Кезский район)	9,4	59	15,9
р. Пажман (приток р.Пызеп)	0,3	19	1,6
р. Люк	10,3	35	29,4
р. Пызеп (Глазовский район)	27,2	46	59,1
р. Варыж (приток р.Пызеп)	12,9	39	33,1
р. Мучан (приток р.Пызеп)	16,2	20	81
р. Омыть (приток р.Пызеп)	13,2	27	48,9
р. Люм	12,4	24	51,6
р. Заризь (приток р.Люм)	4,5	13	34,6
р. Сизьма	16,5	21	78,6
Левые притоки р.Чепца			
р. Медла	2,8	15	18,7
р. Сылызь	2,0	13	15,4
р. Ил	6,7	27	24,8
р. Лоза	6,2	127	4,9
р. Сюрсовайка (приток р.Лоза)	7,1	24	29,6
р. Ита (приток р.Лоза)	40,9	112	36,5
р. Юнда	3,7	34	10,9
р. Кестымка	3,9	16	24,4
р. Ум	4,3	16	26,9

ВКР УдГУ

р. Сепыч	25,7	70	36,7
р. Сыга	20	27	74
р. Убыть	31,2	100	31,2
р. Кузьма	14,6	20	73
р. Жаба	6,3	20	31,5
р. Лекма	40,2	127	31,6
р. Моя (приток р.Лекма)	9,5	14	67,9
р.Чура (приток р.Лекма)	3,4	39	8,7
р.Лема (приток р.Лекма)	9,9	67	14,8

Показатель размываемости берегов на исследуемой территории изменяется в широких пределах, где местами деформация русел отсутствует или весьма незначительна, либо достигает высоких значений - 70-75%.

Среди правых притоков р.Чепца наибольшие показатели размываемости характерны для рек Пызеп, доля которых составляет 59,1% и ее притоков Варыж (33,1%), Мучан (81%), Омыть (48,9%), а также Люм и Сизьма – 51,6% и 78,6%, соответственно.

Однако на левобережье Чепцы рек с размываемыми берегами русел приходится больше, среди которых максимальная доля размываемых берегов приходится на небольшие реки Сыга - 74%, Кузьма – 73% и Моя – 67,9%, протяженность рек не превышает 30 км. Также высока доля размываемых берегов на реках Ита (36,5%), Сепыч (36,7%), Убыть (31,2%), Жаба (31,5%), Лекма (31,6%).

На долю размываемых берегов на этих реках влияет ряд факторов. Наибольшее значение оказывает геологическое строение берегов (состав пород, слагающие берега, высота), максимальный расход, а также залесенность территорий не превышающая 50% на левобережье Чепцы.

ВКР УдГУ

3.3 Влияние гидрологических характеристик на средние и максимальные скорости размыва берегов рек бассейна р.Чепца по натурным исследованиям

Анализ данных стационарных наблюдений (Прилож. 5) показал, что наибольшие скорости размыва характерны для рек с порядком выше 7 (II группа). Величина размывов на таких реках может достигать 3-7 м/год и более. Так величина максимального размыва берега на реке Чепца близ деревни Каменное Заделье достигла 7,2 м/год в 2014 году. Среднегодовые скорости размывов на реках II группы колеблются от 0,01 до 1,83 м/год.

Для рек, относящиеся к I группе (р.Нязь), среднегодовые скорости размыва составляют 0,01-0,15, хотя в отдельные года превышает 1 м/год (1,3 м/год в 2016 году).

С помощью графиков зависимости и коэффициента парной корреляции рассмотрим влияние гидрологических показателей на развитие горизонтальных русловых деформаций на трех ключевых участках исследования – г.Глазов, с.Полом, расположенные на реке Чепца, и пгт.Игра, расположенный на реке Лоза.

Расход воды является одним из ключевых факторов, влияющих на формирование русел рек, однако ключевую роль в развитии русел оказывает именно максимальный расход воды. Максимальный расход воды в реках на территории исследования наблюдается во время весеннего половодья, в период с третьей декады марта и по первую декаду мая, когда происходит основной процесс снеготаяния. Максимальный расход воды в реках характеризуется повышенной водностью, высоким уровнем воды в реках, а также значительными скоростями течения реки, что активно влияет на процесс бокового размыва берегов рек в данный период.

ВКР УдГУ

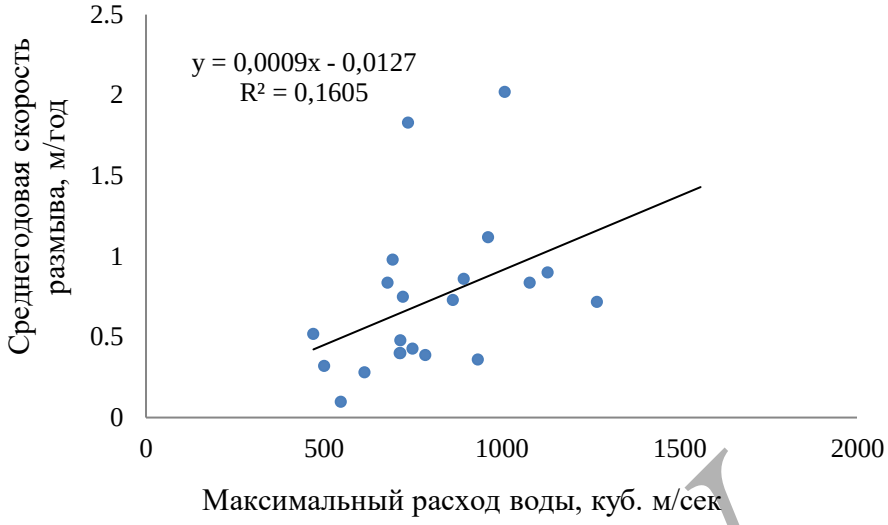


Рис.5 Зависимость среднегодовой скорости размыва от максимального расхода воды на р.Чепца (г.Глазов)

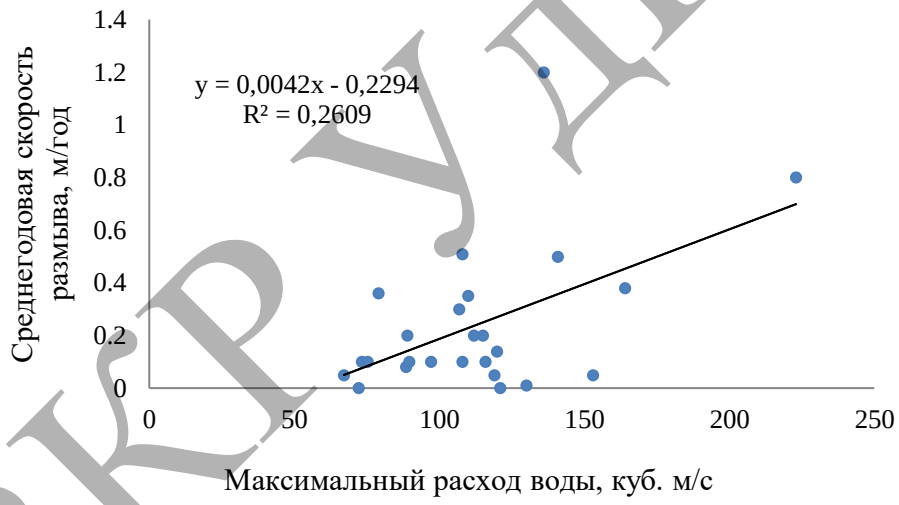


Рис.6 Зависимость среднегодовой скорости размыва от максимального расхода воды на р.Лоза (пгт.Игра)

Анализируя графики зависимости среднегодовой скорости размыва русла рек и максимального расхода воды (рис. 5, рис. 6) можно сделать вывод о том, что связь между этими показателями является прямой (положительной). Рассчитав парный коэффициент корреляции в программе Excel, связь составляет r=0,4006 на реке Чепца и r=0,5108 на реке Лоза. Далее интерпретируя силу корреляции по шкале Чеддока, связь относится к интервалу 0,5-0,7(на реке Лоза), т.е. теснота связи показателей заметная.

ВКР УдГУ

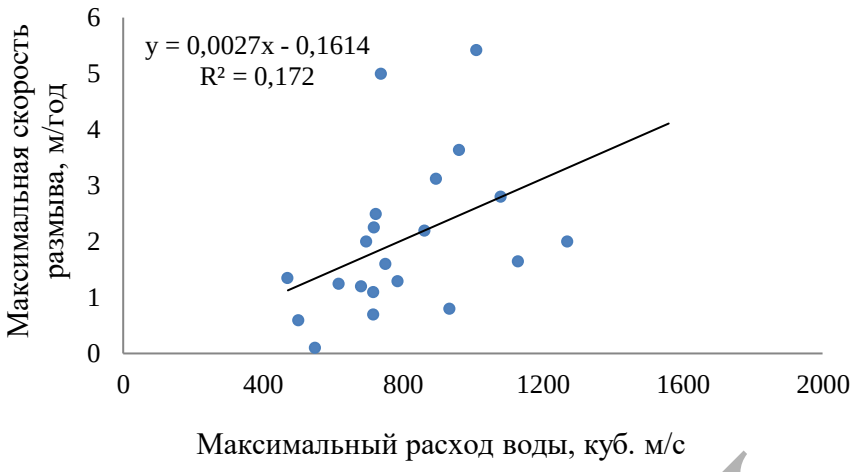


Рис.7 Зависимость максимальной скорости размыва от максимального расхода воды на р.Чепца (г.Глазов)

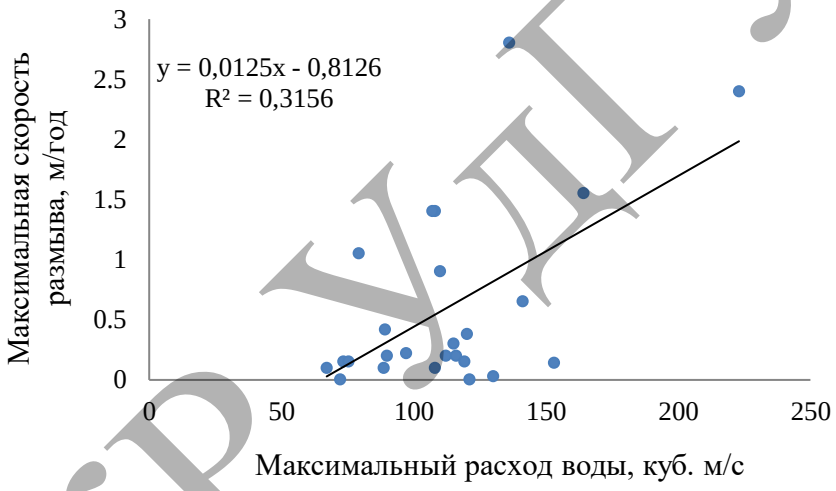


Рис.8 Зависимость максимальной скорости размыва от максимального расхода воды на р.Лоза (пгт.Игра)

Аналогичная ситуация прослеживается в графиках зависимости между максимальной скоростью размыва реки и значениями максимального расхода воды (рис. 7, рис. 8). Коэффициент корреляции на реке Чепца составляет r=0,4147 и входит в интервал 0,3-0,5 – умеренная связь. На реке Лоза значение коэффициента составляет r=0,5618, что относится к заметной связи (0,5-0,7 по шкале Чеддока).

Таким образом, расход воды во время половодья оказывает существенное влияние на горизонтальные деформации русла, оказывая механическое воздействие на берега. Однако коэффициент детерминации на графиках зависимостей (рис. 5-рис. 8) свидетельствует о том, что помимо

ВКР УлГУ

максимального расхода воды во время половодья на боковое смещения русел влияет ряд других факторов.

Проведен анализ влияния наименьшего расхода воды в реках на влияние русловых деформаций. По данным Удмуртского ЦГМС (Прилож. 7) было высчитано среднее между показателями летней и зимней межени, когда наблюдаются наименьший уровень воды в реках, следовательно, минимальный расход.

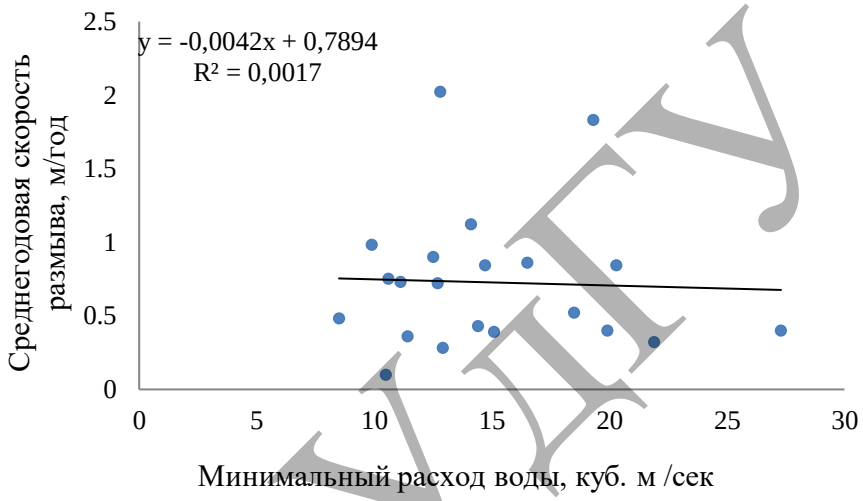


Рис.9 Зависимость среднегодовой скорости размыва от минимального расхода воды на р.Чепца (г.Глазов)

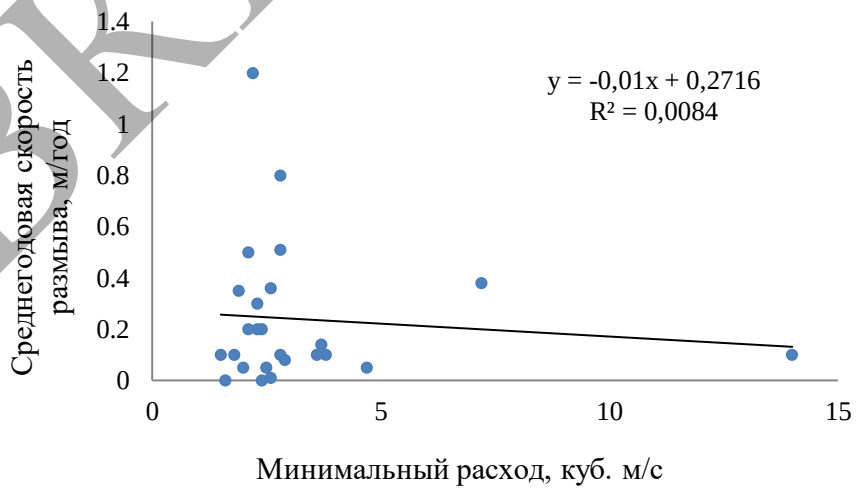


Рис10 Зависимость среднегодовой скорости размыва от минимального расхода воды на р.Лоза (пгт.Игра)

ВКР УдГУ

Анализ графиков (рис. 9, рис. 10) показывает, что связь между минимальными расходами воды в реках и скоростями размыва обратная (отрицательная), т.е. при росте одного показателя значение другого уменьшаются. Посчитанные коэффициенты корреляции составляет r=-0,0408(р.Чепца) r=-0,0914(р.Лоза), эти значения свидетельствуют об очень слабой связи между показателями. Более того, значения близки к нулю, что указывает на отсутствие связи.

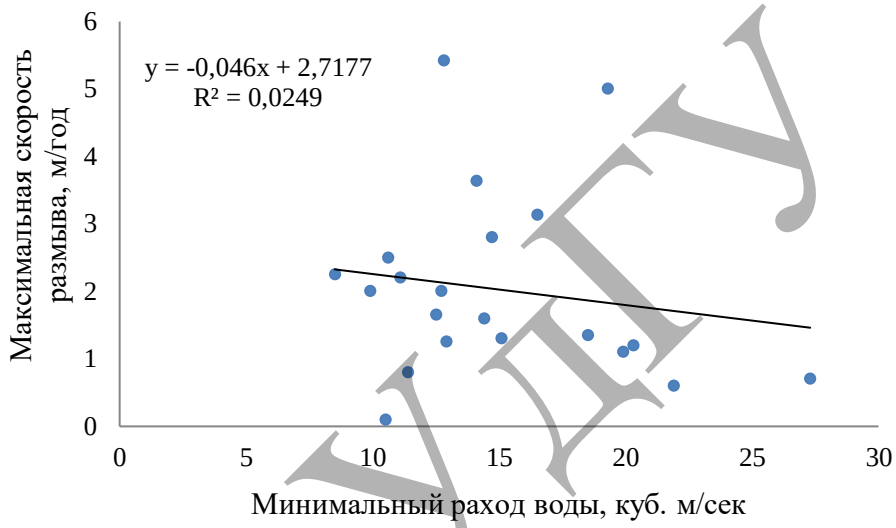


Рис.11 Зависимость максимальной скорости размыва от минимального расхода воды на р.Чепца (г.Глазов)

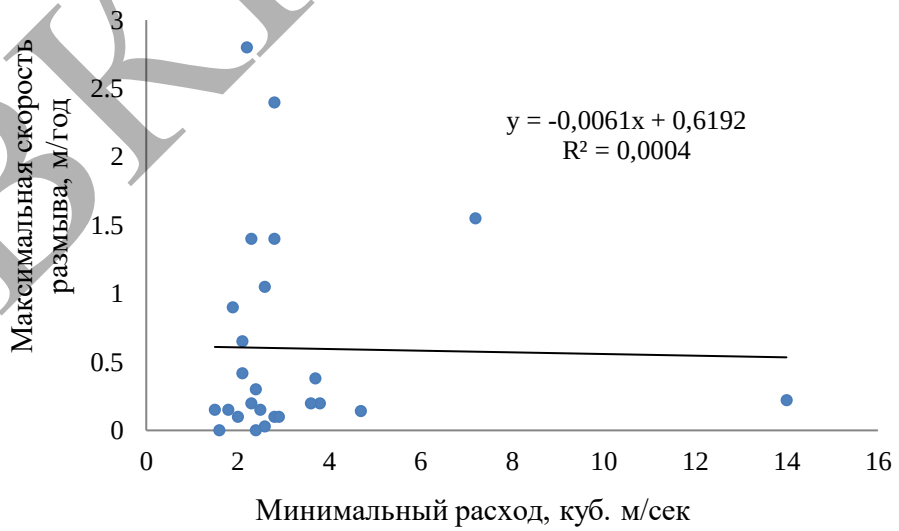


Рис.12 Зависимость максимальной скорости размыва от минимального расхода воды на р.Лоза (пгт.Игра)

ВКР УдГУ

На графиках (рис. 11, рис. 12) зависимости максимальных скоростей размыва от минимального расхода, а также посчитанные коэффициенты корреляции r=-0,1578(р.Чепца), r=-0,02022(р.Лоза) указывает на еще меньшую корреляционную связь между показателями.

Таким образом, на основе построенных графиков зависимостей в период минимальных расходов воды, наблюдается слабое боковое смещение русел рек Лоза (пгт.Игра) и Чепца (г.Глазов).

Совокупность природных факторов: количество атмосферных осадков, геологическое строение территории, уровень подземных вод, растительность и др. влияют на уровень воды в руслах рек, т.е. показатель является следствием многих факторов. Рассмотрим зависимость уровня воды на горизонтальные русловые деформации.

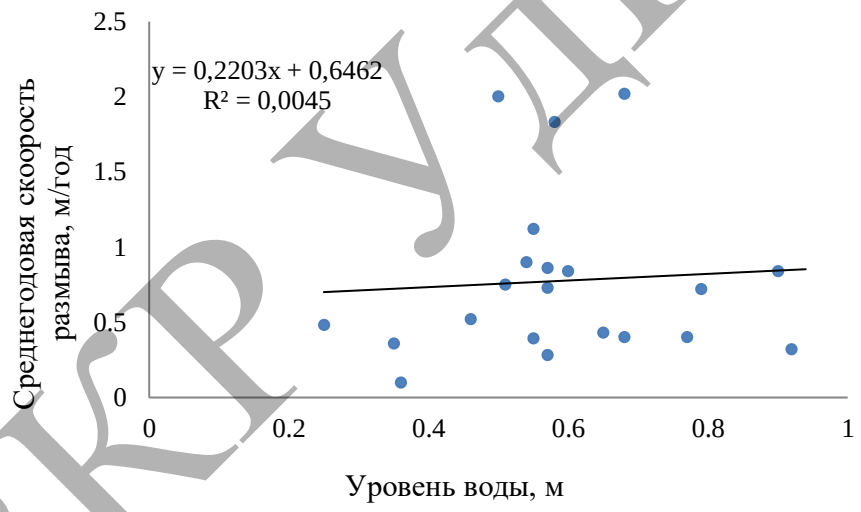


Рис.13 Зависимость среднегодовой скорости размыва от уровня воды на р.Чепца (г.Глазов)

ВКР УдГУ

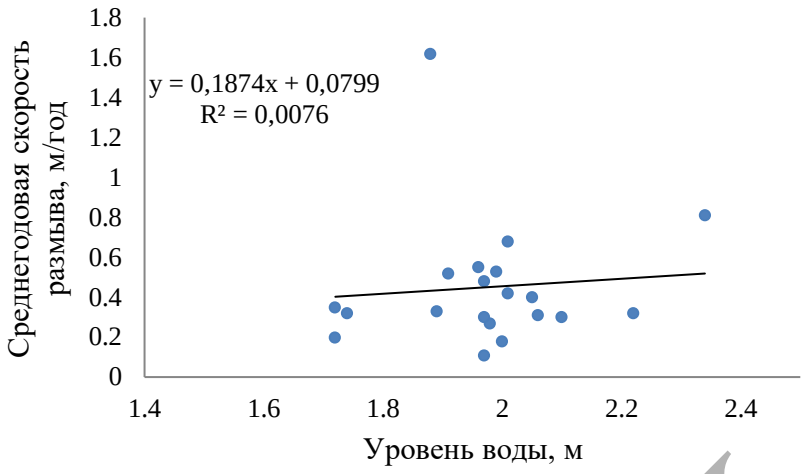


Рис.14 Зависимость среднегодовой скорости размыва от уровня воды на р.Чепца (с.Полом)

При построении графиков зависимости (рис. 13, рис. 14) высчитан коэффициент парной корреляции. Согласно шкале Чеддока корреляционная связь отсутствует (r=0,0668(г.Глазов) r=0,0874(с.Полом)), или при округлении значений входит в интервал от 0,1-0,3, что указывает на слабую связь между двумя показателями - уровнем воды в реке и скоростями размыва русел. Облако точек на первом графике (рис. 13) имеет хаотичное расположение, по сравнению со вторым графиком (рис. 14), то есть на ключевом участке, расположенном в г.Глазове влияние уровня воды в реке гораздо меньше, чем в с.Полом.

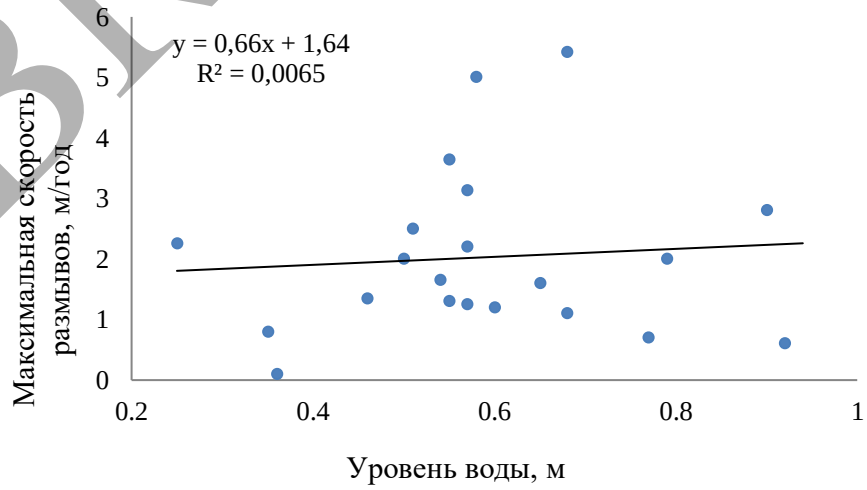


Рис.15 Зависимость максимальной скорости размыва от уровня воды на р.Чепца (г.Глазов)

ВКР УдГУ

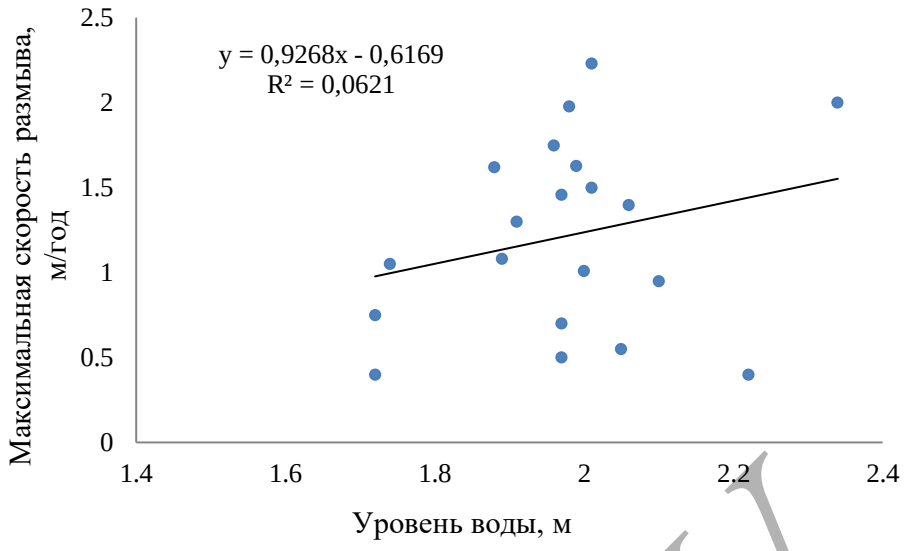


Рис.16 Зависимость максимальной скорости размыва от уровня воды на р.Чепца (с.Полом)

Слабая связь максимальных скоростей размыва и уровня воды в реке Чепца наблюдается по графикам зависимости и коэффициенту корреляции. Парный коэффициент корреляции на участке наблюдения в г.Глазов составляет r=0,0807, на участке с.Полом r=0,2492.

Уровнь воды в реке в с.Полом больше влияет на среднегодовую и максимальную скорость размываемости берегов на реке Чепца. Ширина реки на ключевом участке с.Полом составляет 59,9м, на участке наблюдения г.Глазов – 90,1м, что является возможным фактором влияния на характеристики руслового потока, влияющего на берега рек. Однако значение уровня воды показателя является незначителеным.

С третьей декады октября на некоторых участках бассейна реки Чепца начинает устанавливаться ледяной покров на реках, основное формирование которого завершается в третьей декаде декабря. Активное воздействие на русела рек лед оказывает во вторую фазу весеннего половодья, когда происходит интенсивное таяние льда, его разрушение и, как следствие, воздействие на насыщенные водой берега. Более значительное влияние массы льда оказывают на уже размытые берега.

ВКР УдГУ

По данным из Удмуртского ЦГМС была составлена таблица «Толщина льда на реках Чепца и Лоза» (Прилож. 8). На основе таблицы построены графики зависимости (рис.17, рис.18) между показателями размываемости и среднегодовой толщины льда на ключевых участках наблюдения – р.Чепца (г.Глазов) и р.Лоза (пгт.Игра).

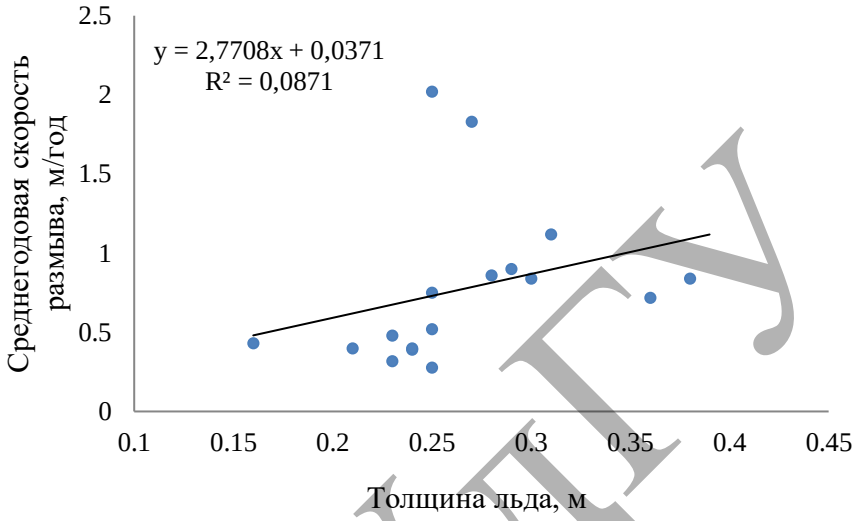


Рис.17 Зависимость среднегодовой скорости размыва от толщины льда на р.Чепца (г.Глазов)

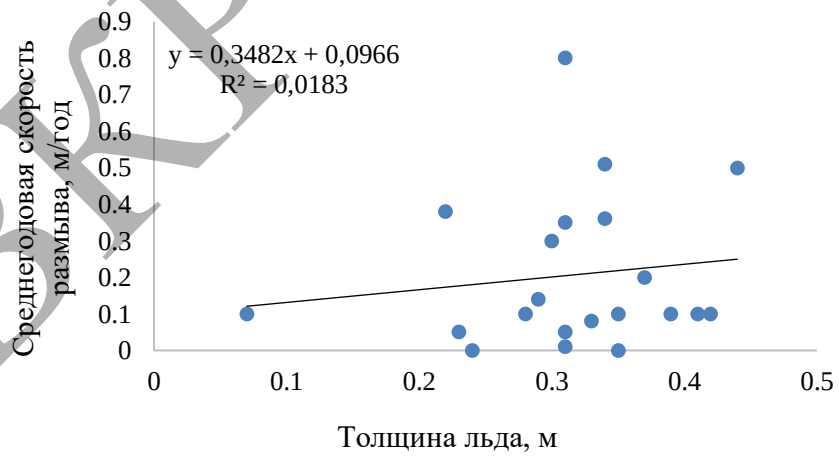


Рис. 18 Зависимость среднегодовой скорости размыва от толщины льда на р.Лоза (пгт.Игра)

Линейная связь между толщиной льда и скоростями размыва практически отсутствует. Рассчитанный коэффициент корреляции r=0,2951 (р.Чепца) r=0,1354 (р.Лоза) по шкале Чеддока указывает на слабую связь. Также

ВКР УдГУ

коэффициент детерминации R^2 = 0,0871 (р.Чепца), R^2 = 0,0183 (р.Лоза) подчеркивает незначительное влияние толщины льда на формирование русела рек. Однако линия тренда имеет небольшой подъем, т.е. в различные года возможно существование воздействия слоя льда на берега русел.

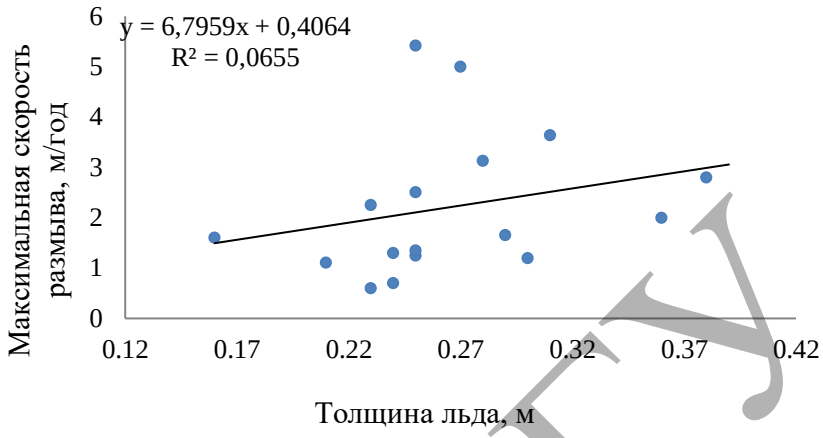


Рис.19 Зависимость максимальной скорости размыва от толщины льда на р.Чепца (г.Глазов)

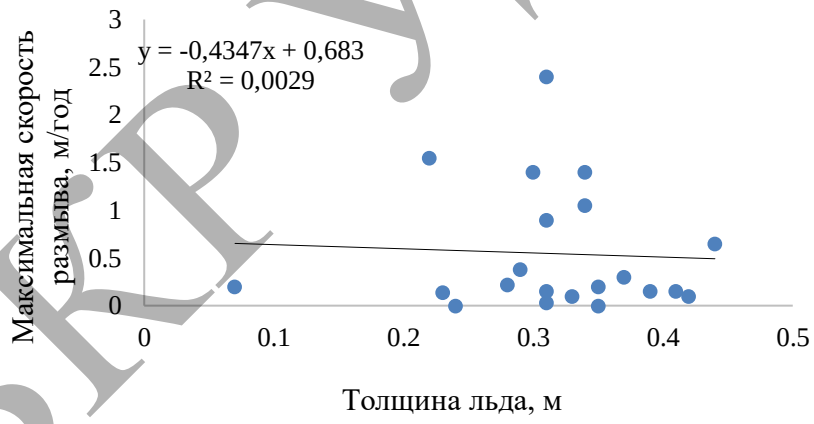


Рис. 20 Зависимость максимальной скорости размыва от толщины льда на р.Лоза (пгт.Игра)

Анализ графиков максимальных скоростей размыва от толщины льда (рис. 19, рис. 20) на ключевых участках также свидетельствует об очень слабой корреляционной связи, коэффициент корреляции составляет r=-0,0538 на реке Лоза и r=0,2559 на реке Чепца. То есть максимальные значения размывов берега не взаимосвязаны с толщиной льда и его механическим воздействием на реках бассейна Чепцы.

ВКР УдГУ

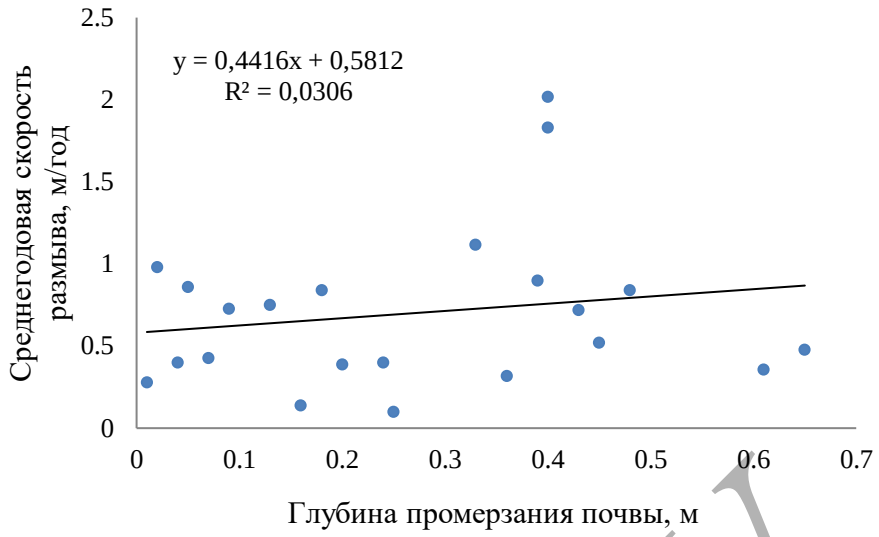


Рис.21 Зависимость среднегодовой скорости размыва от глубины промерзания почвы на р.Чепца (г.Глазов)

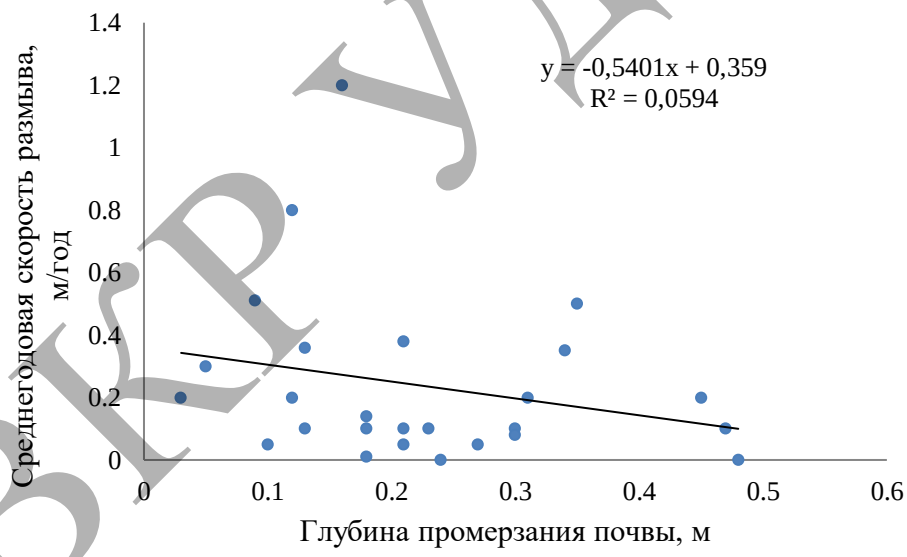


Рис. 22 Зависимость среднегодовой скорости размыва от глубины промерзания почвы на р.Лоза (пгт.Игра)

Характеристика глубины промерзания почвы на исследуемой территории влияет на проникновение талых вод вглубь почвенного грунта во время активного снеготаяния. При анализе (рис. 21, рис. 22) взаимосвязи этих показателей в разных пунктах наблюдения выяснилось, что на реке Чепца связь положительная, но по шкале Чеддока относится к интервалу от 01, до 0,3

ВКР УдГУ

- слабая связь (r=0,1748). На ключевом участке пгт.Игра взаимосвязь между показателями обратная, то есть при увеличении глубины промерзания почвы, скорость размывов будет уменьшаться. Коэффициент корреляции на р.Лоза r=-0,2437, что указывает на слабую корреляционную связь.

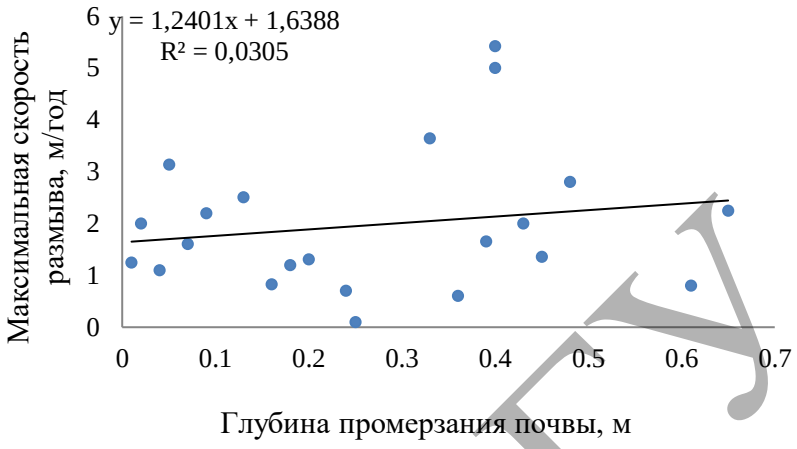


Рис.23 Зависимость максимальной скорости размыва от глубины промерзания почвы на р.Чепца (г.Глазов)

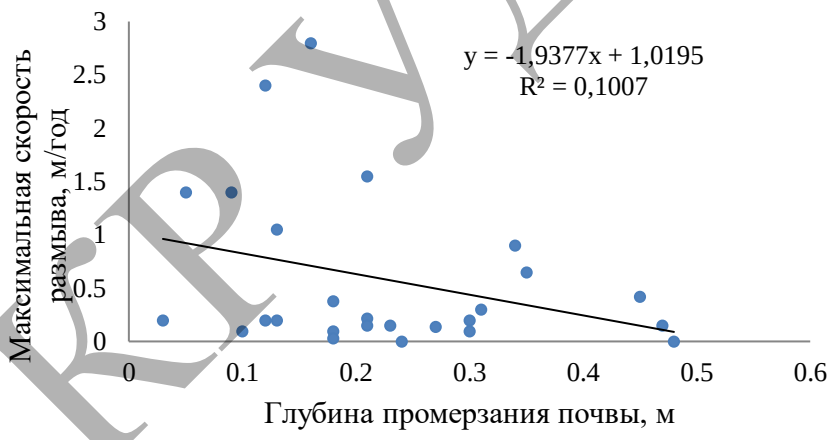


Рис.24 Зависимость максимальной скорости размыва от глубины промерзания почвы на р.Лоза (пгт.Игра)

При анализе графиков (рис. 23, рис. 24) аналогичная ситуация прослеживается во взаимосвязи между максимальной скоростью размыва и глубиной промерзания почвы, но высчитанные коэффициенты корреляции чуть выше прежнего (r=0,1746-р.Чепца и r=-0,3174). Так на реке Лоза промерзание грунта замедляет процессы размыва, а на реке Чепца способствует процессам бокового смещения.

ВКР УдГУ

Высота снежного покрова определяется количеством выпавших осадков в холодный сезон года, а также температурным режимом. Умеренная связь наблюдается при подсчете коэффициента корреляции и построении графика зависимостей (рис. 25, рис. 26). Высота снежного покрова оказывает воздействие на размывы берегов, но его влияние крайне незначительно. Коэффициент корреляции на р.Чепца составил r=0,1831, на р.Лоза r=0,2521. Количество выпавших осадков отразится на уровне воды в реках, то есть максимальном расходе воды во время весеннего половодья.

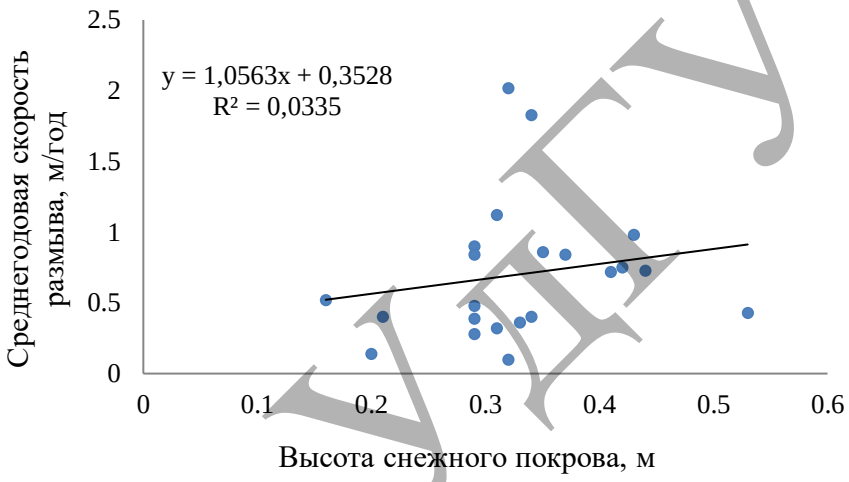


Рис.25 Зависимость среднегодовой скорости размыва от высоты снежного покрова на р.Чепца (г.Глазов)

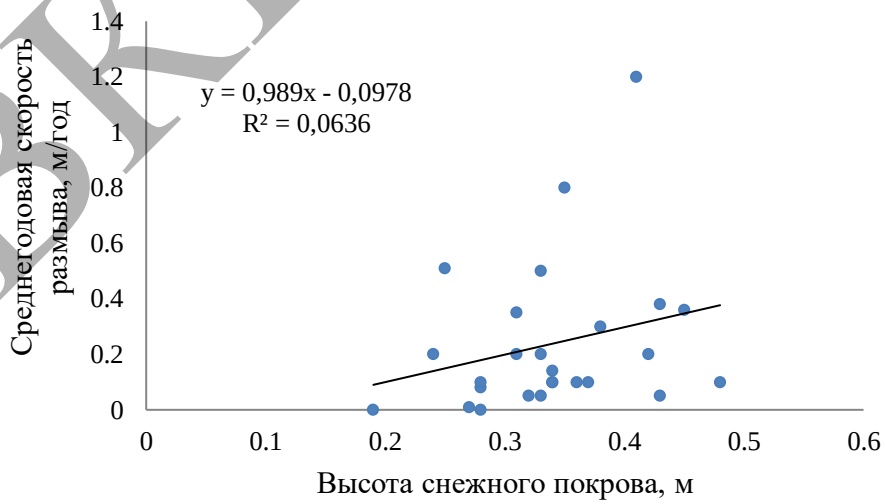


Рис.26 Зависимость среднегодовой скорости размыва от высоты снежного покрова на р.Лоза (пгт.Игра)

ВКР УдГУ

При анализе максимальных скоростей размыва от высоты снежного покрова (рис. 26, рис. 27) график демонстрирует прямую связь, но взаимосвязь между показателями слабая. Парный коэффициент корреляции между максимальными скоростями размыва на р.Чепца r=0,2311, на р.Лоза – r=2870.

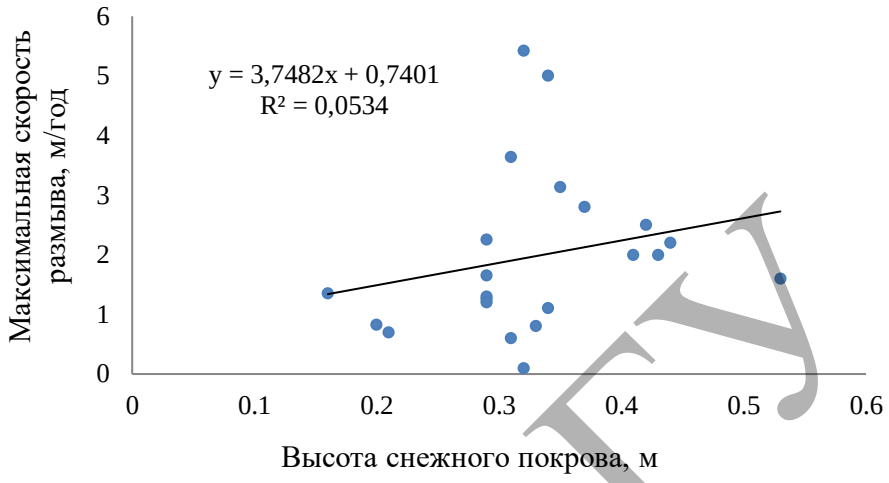


Рис.27 Зависимость максимальной скорости размыва от высоты снежного покрова на р.Чепца (г.Глазов)

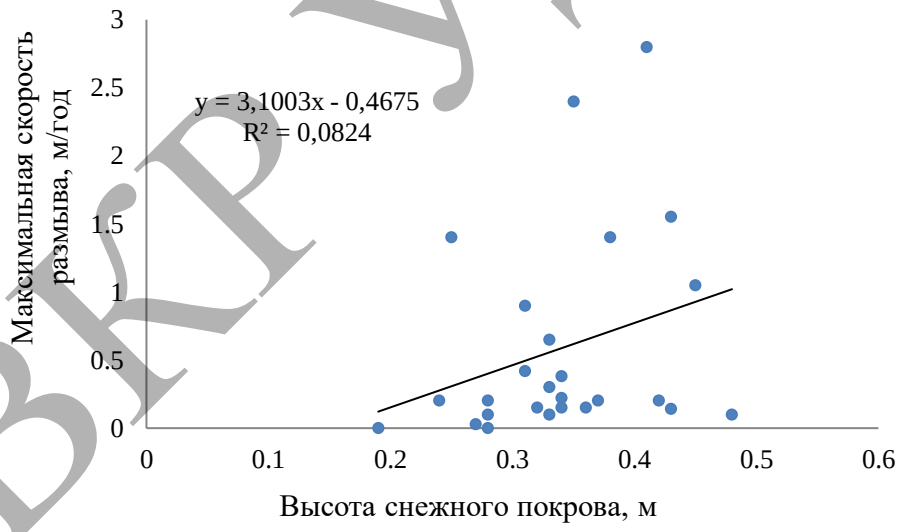


Рис.28 Зависимость максимальной скорости размыва от высоты снежного покрова на р.Лоза (пгт.Игра)

Фактор интенсивности снеготаяния оказывает воздействие на процесс размыва бергов. Интенсивность таяния снежного покрова зависит от метеорологических условий (интенсивность нарастания положительных температур), характера рельефа и преобладающей растительности в бассейне

ВКР УдГУ

реки. Рассмотрим влияние интенсивности снеготаяние на размываемость берегов на реке Лоза (пгт.Игра).

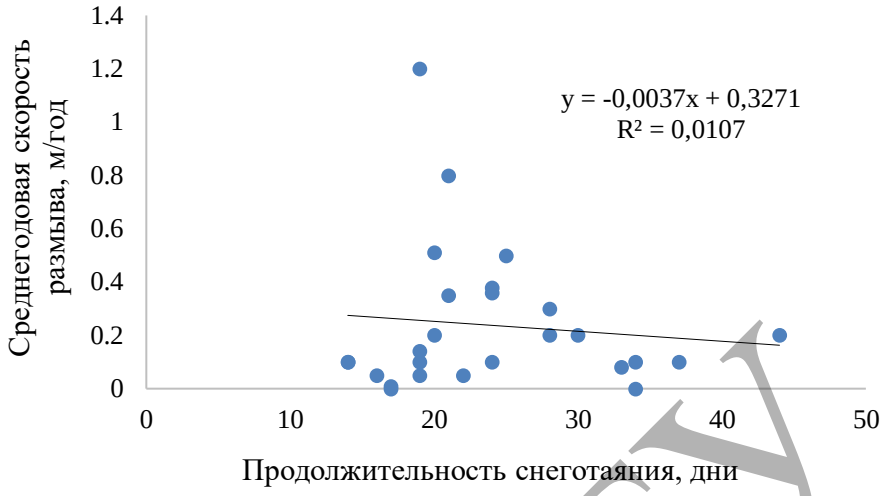


Рис.29 Зависимость среднегодовой скорости размыва от продолжительности снеготаяния на р.Лоза (пгт.Игра)

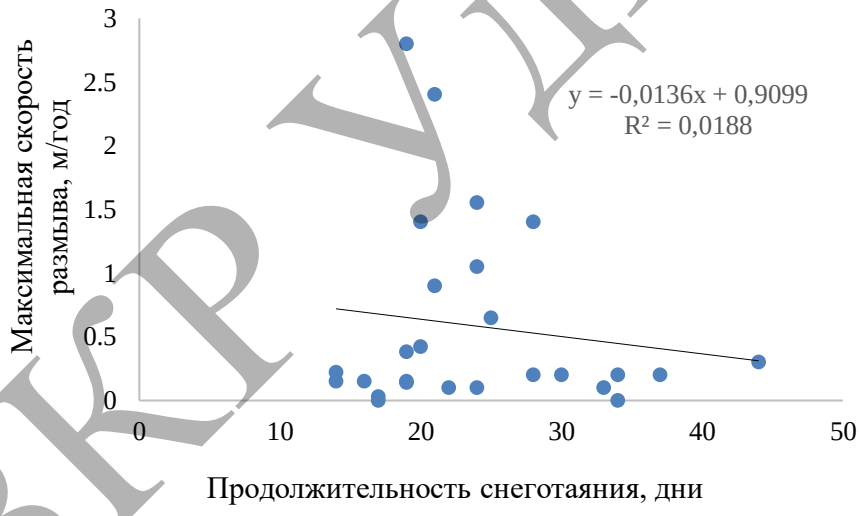


Рис.30 Зависимость максимальной скорости размыва от продолжительности снеготаянияна р.Лоза (пгт.Игра)

Анализируя графики зависимости между скоростями размыва и продолжительности снеготаяния (рис. 29, рис. 30) можно сделать вывод о том, связь отрицательная. Коэффициент корреляции составляет r=-0,1037(рис. 29) и r=-0,1370 (рис. 30), что по шкале Чеддока относится к слабой связи.

Таким образом, в бассейне реки Чепцы активно происходят процессы размыва берегов, влияющие от ряда факторов, среди гидрологических характеристик наибольшее воздействие на боковое смещение русел рек

ВКР УдГУ

оказывает максимальный расход воды, который наблюдается во время весеннего половодья на исследуемой территории бассейна реки Чепца. Он характеризуется высокими скоростями течения и поднятием уровня воды, в результате этого берега переходят в неустойчивое состояние и подвергаются размыву весенним потоком воды. Уровень воды, толщина льда на реках, глубина промерзания почвы и высота снежного покрова, продолжительность снеготаяния – все эти показатели косвенно воздействуют на процессы размыва, но их доля невелика. Корреляционная связь между ними крайне низкая (по шкале Чеддока относится к интервалу от 01, до 0,3).

ВКР УдГУ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Русловые процессы и русловые деформации есть совокупность явлений и процессов, которые происходят под воздействием различных природных и антропогенных факторов.

Исходя из поставленных цели и задач данной работы, была изучена литература о русловых процессах и русловых деформациях, изучена физико-географическая характеристика бассейна р.Чепца, проанализированы основные факторы, влияющие на развитие русловых процессов на реках бассейна р. Чепца, а также проанализирована зависимость гидрологических характеристик рек и скоростей размыва русла.

В результате работы были получены следующие выводы:

1. Интенсивность горизонтальных русловых деформаций зависит от ряда факторов. К их числу относятся гидрологические характеристики (величины стока воды, характера руслоформирующих расходов и тд.), геолого-геоморфологические (уклон реки, размываемость пород), климатические факторы, лесистость территории и др.

2. Анализ доли размываемых берегов показал, что высокие показатели русловых деформаций наблюдаются на реках Юс(52%), Пызеп(59,1%), Мучан(81%), Люм(51,6%), Ита(36,5%), Сизьм(78,6). Минимальные доли размываемости наблюдаются на реке Лып(5,8%), Костым(7,2%), Пажман(1,6%), Лоза(4,9%), Нязь(1,2%), Юнда (10,9%).

3. Высокие скорости размывания берегов наблюдаются на реках, относящихся ко II группе (выше 6 по Шайдеггеру), на реках I группы размываемость берегов ниже. Среди гидрологических характеристик рек наибольшее влияние на русловые деформации оказывает максимальный расход воды в реках. Коэффициент парной корреляции между среднегодовыми скоростями размыва и максимальным расходом воды на реке Лоза составил r=0,5, r=6 - связь между максимальными скоростями размыва и максимальным расходом воды. Показатели: уровень воды, высота снежного покрова, глубина промерзания почвы, толщина льда, минимальный расход

ВКР УдГУ

воды, продолжительность снеготаяния не оказывают сильного влияния на размываемость берегов. Коэффициент корреляции между этими показателями и скоростями размывов русла не превышает r=0,3.

ВКР УДГУ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеевский. Н. И. Индикационные методы гидроморфологических исследований. Эрозия почв и русловые процессы — М.: Моск. ун-та, 2000. 240 с.
2. Алюшинская Н.М Ресурсы поверхностных вод СССР. Средний Урал и Приуралье. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 848 с.
3. Беркевич К.М., Валасов Б.Н., Особенности русловых процессов на реках Нечерноземной зоны РСФСР// Вестник Московского университета. Серия 5: География. 1982 г., №3. С. 28-34.
4. Бутаков. Г.П. Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. Казань: Казанского ун-та, 1986. 143 с.
5. Географический атлас Удмуртской Республики/Козлова Н. Т., Кузнецов М. Ф., Русских Э. М. и др. М.: ДИК, 2000. 32 с.
6. Геология и нефтеносность Удмуртской АССР/ В.А. Шеходанов, В.М. Проворов, З.А. Федорчук и др. Ижевск: Удмуртия, 1976. 127 с.
7. Гречканова С.Ф. Агроклиматические ресурсы Удмуртской АССР: Справочник. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 115 с.
8. Дедков А. П., Колобов Н. В., Развитие склонов и выравнивание рельефа. Казань: Казанского ун-та, 1974. 170 с.
9. Кашин А.А., Стурман В. И. Уточненная схема физико-географического районирования и количественная характеристика ландшафтов Удмуртии//Вестник удмуртского университета. 2012, Вып.104.С.105-113.
10. Маккавеев Н. И. Сток и русловые процессы - М.: МГУ, 1971. 115 с.
11. Макаревич А.А., А.Е. Яротов Речной сток и русловые процессы. Минск: БГУ,1987. 115 с.
12. Маккавеев Н. И., Чалов Р. С., Ларионов Г. А. Работа водных потоков. М.: МГУ, 1987.193 с.

ВКР УдГУ

13. Назаров Н.Н., Егоркина С.С., Реки Пермского Прикамья: Горизонтальные русловые деформации. Пермь: Звезда, 2004. 120 с.

14. Назмиев П.И., Григорьева А.В., Гидрометрия. Екатеринбург: УГЛТУ, 2019. 51 с.

15. О состоянии окружающей природной среды УР в 2004 году: Государственный доклад. Ижевск: ИжГТУ, 2005. 240 с.

16. Петухова Л.Н. Морфодинамика русел малых и средних рек Удмуртии. Казань. 2016. 28 с.

17. Практическая гидрометрия/ И.М. Шаталов, М.К. Щербакова, А.Н. Кондратович и др. Минск: БНТУ, 2020. 105 с.

18. Рысин И. И. География Удмуртии: природные условия и ресурсы: учебное пособие. Ижевск: Дом «Удмуртский университет», 2009. 256 с.

19. Рысин, И.И., Григорьев И.И., Петухова Л.Н. Горизонтальные русловые деформации на реках Удмуртии//Эрозия почв и русловые процессы. 2025г., №1.С.46-57.

20. Рысин И.И. О вертикальном расчленении рельефа Удмуртии / Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала. – Пермь: Перм. унив-т, 1981. - С. 90-95.

21. Рысин И. И., Петухова Л. Н. Русловые процессы на реках Удмуртии. Ижевск: Ассоциация «Научная книга», 2006. 176 с.

22. Спиридонов А.И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования. М.: Высшая школа. 1970, 456 с.

23. Чалов Р.С. Русловые процессы (русловедение): учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2015. 565 с.

24. Чалов Р.С. Сток наносов, руслоформирующие расходы воды и морфодинамические типы русел рек бассейна Камы / Вопросы физической географии и геоэкологии Урала. - Пермь: Перм. ун-т, 2000.

25. Чижов А.Н. Формирование ледяного покрова и пространственное распределение его толщины. Л.: Гидрометеоиздат. 1990, 129 с.

ВКР УдГУ

26. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 335 с.

27. Атлас Удмуртии. Геопортал Русского географического общества [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://geoportal.rgo.ru/catalog/regionalnye 02C1

28. Вода России. Чепца [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://water-rf.ru/Водные_объекты/706/Чепца

29. Развитие учения о русловых процессах [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studfile.net/preview/5621919/page:2/

30. Река Чепца. Живая Удмуртия [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://liveudm.ru/vodoemyi-udmurtii/reka-cheptsa/

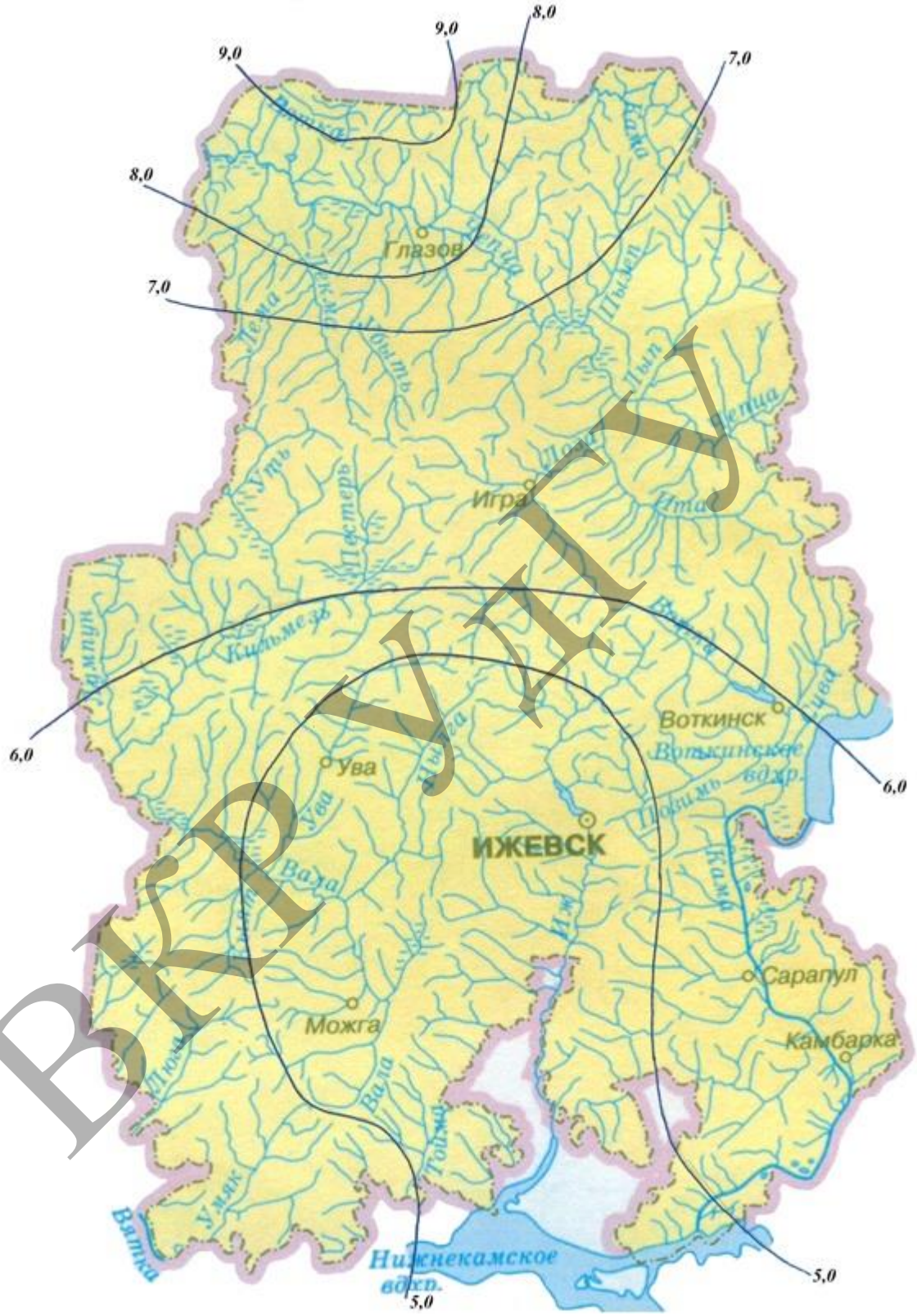
31. Русловые процессы [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Русловые_процессы

ВКР УдГУ

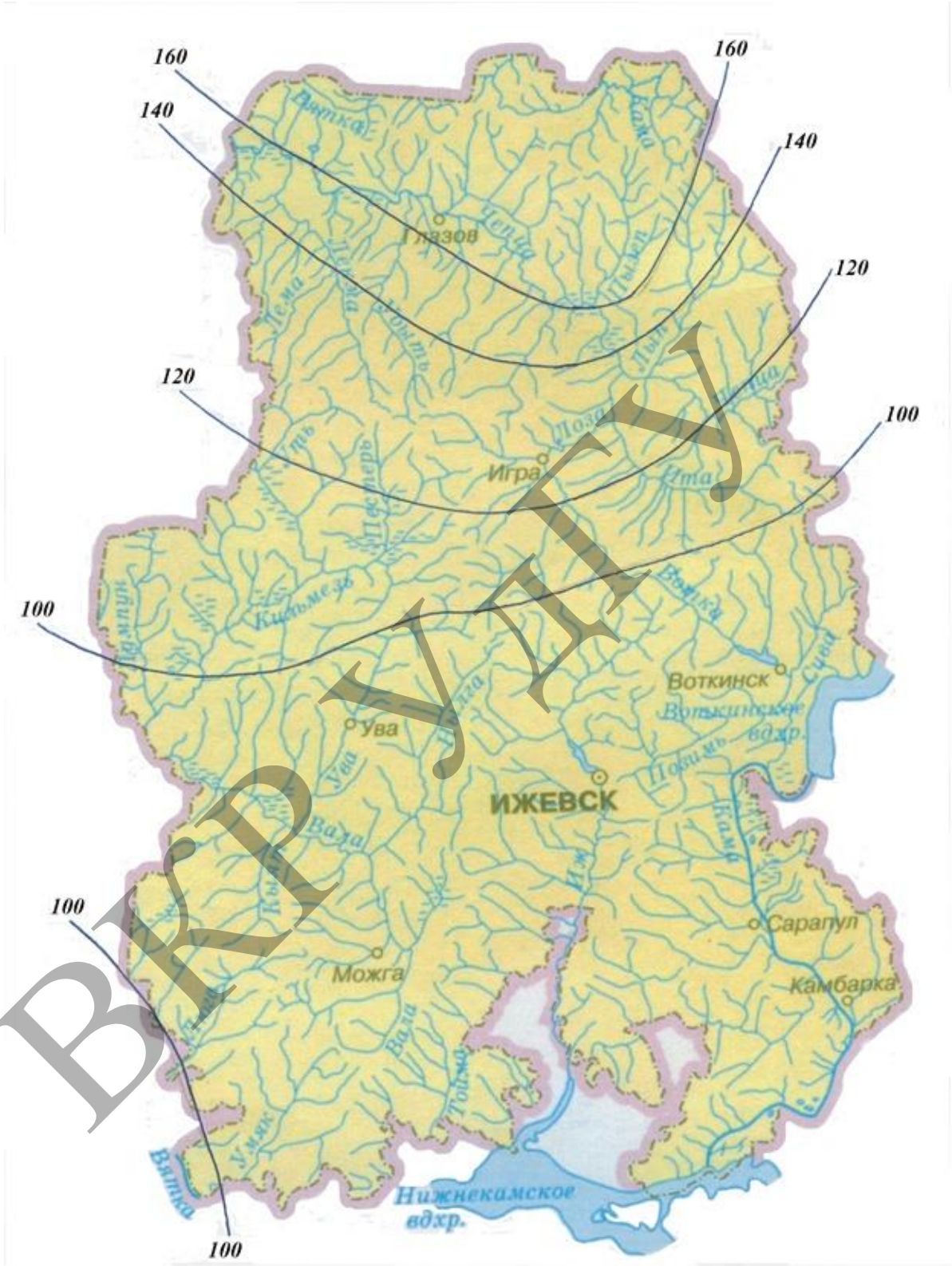
ПРИЛОЖЕНИЯ

ВКР УлГУ

Приложение 1


9,0
9,0
8,0
7,0
8,0
7,0
6,0
6,0
5,0
5,0
Глазов
Игра
Ува
ИЖЕВСК
Можга
Воткинск
Воткинское вдхр.
Сарапул
Камбарка
Нижнекамское вдхр.
Кама
Вятка
Ува
Вала
Пычас
Кильмезь
Пестерь
Ита
Пыжел
Лекма
Ныша
Ижма
Тойма
Уромарк
Ягошур
Ягул
Ягошурдор
Ягошурдорский
Ягошурдорский
Ягошурдорский

Приложение 2

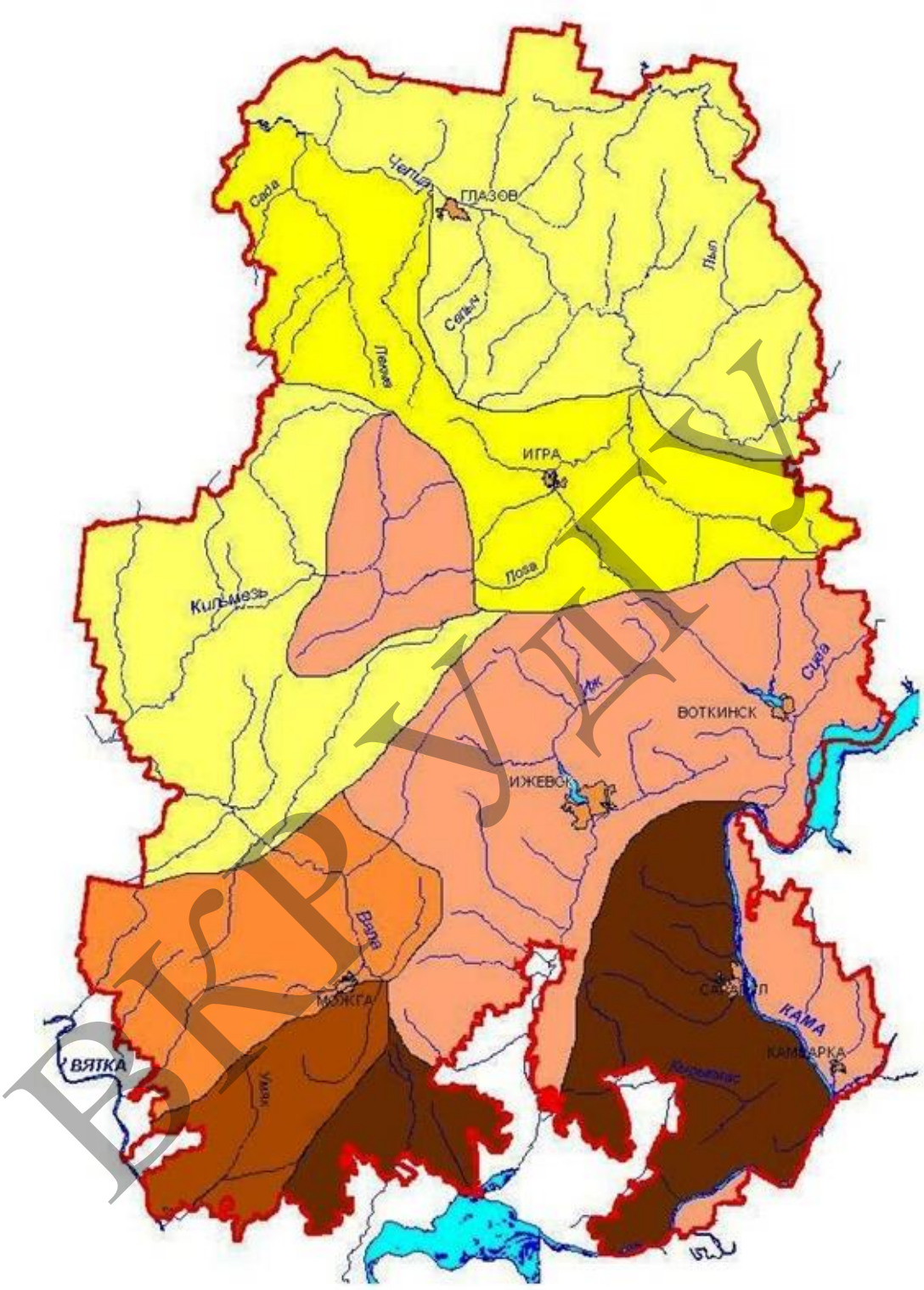


Средний слой весеннего стока, (мм) [18]

Масштаб 1:1200000

ВКР УдГУ

Приложение 3



Условные знаки:

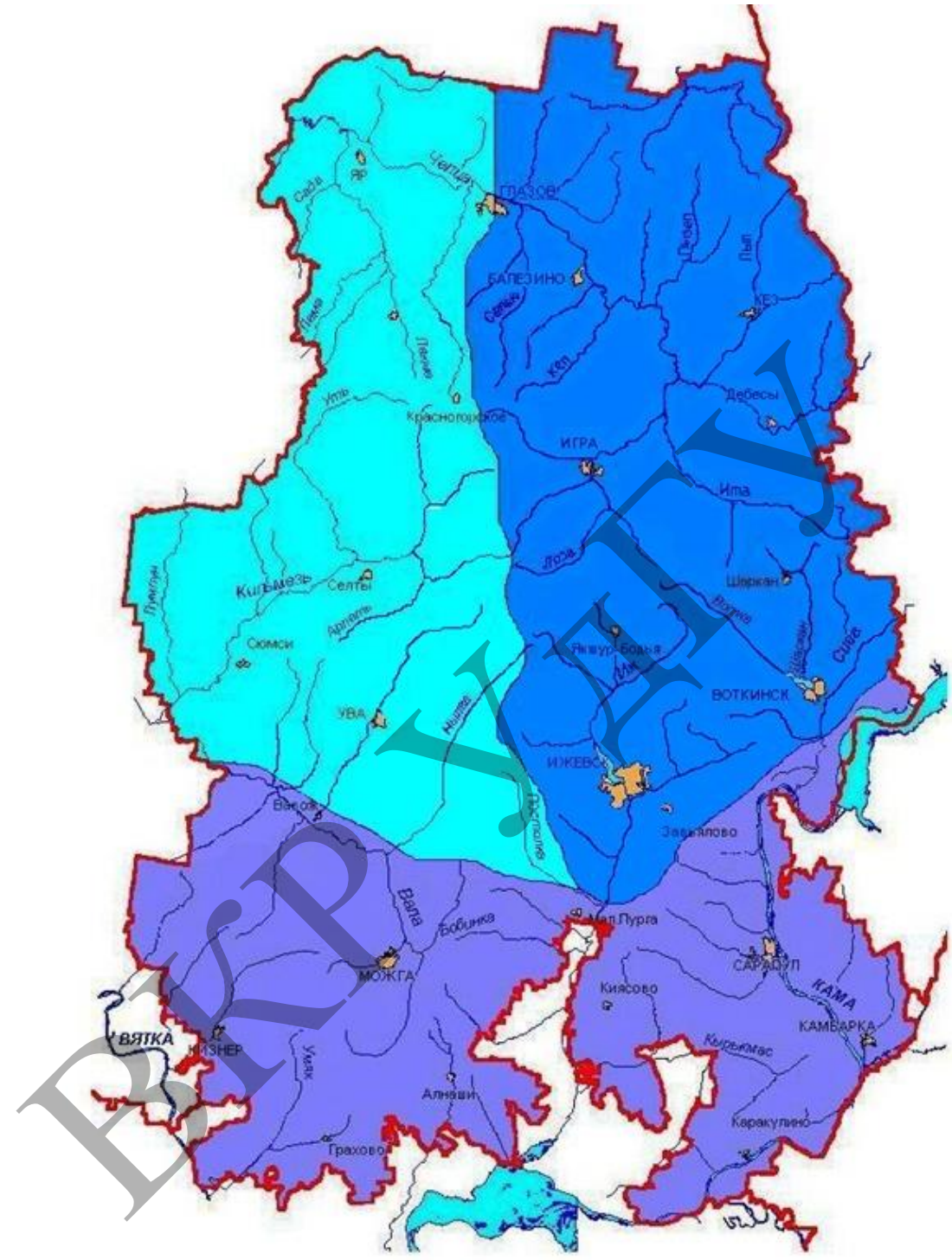
< 30 | 30-45 | 45-60 | 60-75 | 75-90 | >90

Модули стока взвешенных наносов рек Удмуртии (т/км^2 ·год) [20]

Масштаб 1:1200000

ВКР УдГУ

Приложение 4



Условные знаки:

>50% 25-50% <25%

Районирование территории Удмуртии по соотношению стока влекомых наносов W_g и общего стока наносов W (в %) [21]

Масштаб 1:1200000

ВКР УдГУ

Приложение 5

Средние и максимальные скорости размывов на ключевых участках, м/год

Года	р.Чепца (г.Глазов)		р.Чепца (с.Полом)		р.Лоза (д.Сундур)	
	Ср. скр.	Макс. скр.	Ср. скр.	Макс .скр.	Ср. скр.	Макс. скр.
2000	-	-	-	-	0	0
2001	0,72	2	-	-	0,23	0,88
2002	0,84	2,8	0,81	2	0,1	0,35
2003	0,43	1,6	0,31	1,4	0,63	2,55
2004	0,28	1,25	0,11	0,7	0,22	0,7
2005	1,83	5	0,42	1,5	0,23	0,95
2006	0,9	1,65	0,55	1,75	0,2	0,4
2007	0,4	1,1	0,3	0,95	0,14	0,32
2008	0,39	1,3	0,18	1,01	0,24	0,8
2009	0,52	1,35	0,33	1,08	0,2	0,5
2010	0,48	2,25	0,32	1,05	0,1	0,27
2011	0,75	2,5	0,48	1,46	0,1	0,3
2012	2,02	5,42	0,68	2,23	0,1	0,3
2013	1,12	3,64	0,27	1,98	0,2	0,3
2014	0,86	3,13	0,53	1,63	0,3	1
2015	-	-	-	-	0,1	0,2
2016	-	-	-	-	0,4	1,2
2017	-	-	-	-	0,3	1
2018	0,84	1,2	0,3	0,5	0,1	0,7
2019	0,32	0,6	0,32	0,4	0,43	0,6
2020	0,4	0,7	0,4	0,55	0,22	0,34
2021	0,36	0,8	0,35	0,75	0,19	0,31
2022	0,73	2,2	0,52	1,3	0,37	0,64
2023	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,4

ВКР УдГУ

Приложение 6

Уровень воды в реках Чепца и Лоза, см

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средний за год	Максимальный за год	Наименьший за год	
															Летний	Зимний
р.Чепца- г.Глазов																
2000	52	58	57	324	120	40	22	16	18	14	17	19	63	597	6	45
2001	23	32	44	283	237	81	16	15	15	46	102	49	79	599	5	16
2002	47	61	78	217	287	103	28	13	19	59	99	72	90	589	7	32
2003	50	52	49	271	162	62	71	14	11	12	11	20	65	520	6	44
2004	25	24	26	89	195	133	14	17	8	31	74	46	57	429	3	9
2005	34	31	40	216	90	97	63	21	37	15	14	33	58	499	9	28
2006	23	20	38	298	152	23	6	-1	-3	6	30	61	54	607	-8	9
2007	54	49	50	319	174	44	69	6	6	10	14	17	68	479	-3	16
2008	18	32	41	253	59	20	9	0	13	33	80	107	55	517	-8	10
2009	48	53	50	209	161	28	2	-7	-12	0	0	24	46	351	-16	38
2010	18	13	22	234	81	13	-21	-27	-24	-13	-3	5	25	494	-33	-8
2011	8	16	15	209	134	34	0	-7	18	87	54	48	51	501	-19	-12
2012	38	22	34	307	137	47	3	-2	29	53	94	53	68	599	-8	15
2013	35	38	36	251	199	18	-8	-7	-2	20	29	45	55	584	-12	24
2014	41	29	44	225	198	42	26	-1	3	13	28	30	57	557	-10	5
2015	32	31	27	202	183	15	44	86	113	107	142	143	94	453	1	1
2016	107	75	74	414	113	32	11	-3	7	6	7	17	72	663	-9	65
2017	23	21	24	173	219	58	143	30	19	37	73	61	73	487	1	-2
2018	44	35	37	163	204	95	21	-4	1	28	53	38	60	782	-8	16
2019	25	29	36	211	158	30	47	173	48	100	166	85	92	396	6	21
2020	82	81	134	381	154	28	37	13	0	4	6	5	77	493	-5	69
2021	19	27	27	254	90	1	-5	-12	-9	-9	17	22	35	577	-20	-4
2022	18	25	19	234	203	107	20	-5	-3	2	38	27	57	547	-8	-4
2023	27	26	68	264	62	6	-4	-11	-12	-11	3	11	36	445	-16	19
2024	16	28	23	319	128	43	24	14	-2	-6	2	9	50	505	-8	-15
р.Чепца – с.Полом																
2000	197	207	208	430	241	181	169	162	167	164	164	171	205	694	152	183
2001	186	192	207	413	325	209	160	157	161	197	220	202	219	672	151	156
2002	208	277	230	357	373	217	169	161	164	197	221	234	234	666	154	182
2003	204	212	205	382	273	206	184	154	160	159	163	170	206	574	151	194
2004	176	176	188	231	313	253	157	158	151	171	198	186	197	554	149	156
2005	185	179	192	366	207	228	191	160	181	164	163	192	201	599	152	173
2006	175	181	194	409	241	162	148	144	150	155	182	205	196	650	139	156

ВГУЭТ

2007	218	208	208	421	280	185	195	156	154	159	167	170	210	565	146	139
2008	176	190	211	354	191	167	157	151	165	182	218	234	200	610	142	162
2009	188	194	189	339	272	178	148	143	139	146	158	175	189	561	136	177
2010	170	169	180	358	228	154	130	128	130	137	148	158	174	565	126	146
2011	161	168	170	349	258	178	152	147	170	217	195	193	197	610	137	138
2012	186	175	189	411	242	180	147	144	163	182	204	189	201	652	139	173
2013	186	192	192	390	298	160	140	141	145	165	177	194	198	641	136	168
2014	184	178	201	349	296	185	166	153	153	167	179	175	199	636	142	168
2015	181	181	182	339	287	165	203	212	225	237	260	297	231	553	151	150
2016	243	234	239	511	219	168	152	141	149	147	154	166	210	721	138	204
2017	187	192	200	316	308	200	278	171	167	180	203	218	218	532	151	136
2018	192	183	191	299	305	212	162	142	146	171	186	170	197	585	138	171
2019	173	177	192	343	275	172	186	292	180	213	254	202	222	512	152	165
2020	209	213	265	453	245	167	170	154	142	145	151	148	205	546	138	186
2021	165	174	174	364	198	140	139	129	134	132	158	160	172	618	123	144
2022	164	172	167	367	276	222	161	135	140	144	180	166	191	653	131	144
2023	169	168	233	351	182	142	133	128	125	128	150	152	172	519	121	156
2024	167	177	171	422	234	194	158	155	139	135	149	158	188	592	133	125
р.Лоза – пгт.Игра																
2000	104	103	107	220	128	114	121	114	109	98	96	99	118	431	93	95
2001	105	105	107	259	225	131	115	114	102	115	131	108	135	467	94	89
2002	118	123	135	213	248	136	122	115	105	109	117	114	138	475	98	102
2003	117	111	118	225	150	122	124	115	104	97	94	93	123	369	93	106
2004	98	102	109	139	190	140	114	118	98	98	105	99	118	439	91	90
2005	100	110	109	221	116	151	118	113	110	94	92	88	119	405	90	92
2006	98	107	103	226	124	101	108	102	93	92	103	107	114	435	84	87
2007	112	110	115	249	160	118	147	114	105	100	92	96	127	420	94	95
2008	107	106	109	210	112	104	110	108	95	94	110	111	115	453	89	89
2009	99	102	102	165	142	100	101	97	85	85	83	99	105	329	82	93
2010	98	97	94	184	104	86	82	82	81	79	82	82	96	333	76	80
2011	87	91	90	161	140	98	107	101	101	103	89	91	105	316	88	76
2012	97	104	107	250	127	118	120	109	101	99	103	95	119	470	92	87
2013	102	99	106	215	159	98	110	107	95	95	93	87	114	436	88	92
2014	92	100	98	168	172	99	110	106	95	94	92	88	110	401	88	85
2015	94	95	94	166	164	107	128	126	115	117	117	110	119	442	97	83
2016	110	113	111	301	122	108	107	94	93	86	84	93	119	532	84	103
2017	97	99	96	147	172	101	140	104	99	103	115	102	115	424	91	81
2018	100	107	108	155	176	114	115	108	96	96	92	86	113	452	86	98
2019	95	101	103	174	154	103	120	173	107	115	131	100	123	357	95	84
2020	103	109	126	251	134	109	143	111	100	93	87	89	121	360	87	97
2021	100	101	105	200	109	95	96	84	84	77	83	83	101	358	75	82
2022	88	88	93	209	128	114	102	96	93	89	101	96	108	465	85	77
2023	96	97	128	186	98	107	108	93	83	80	88	91	105	297	77	86
2024	99	96	91	244	114	112	117	199	88	83	83	80	110	436	81	80

Проект

Приложение 7

Расход воды в реках Чепца и Лоза, куб.м/с

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средний за год	Максимальный за год	Наименьший за год	
															Летний	Зимний
р.Чепца- с.Полом																
2000	13,1	13,3	13,2	290	68,7	25,1	19,1	14,9	17,8	15,7	14,7	7,79	42,8	874	10,4	11,9
2001	7,97	7,43	10,2	278	148	44,8	14,8	13,3	15,1	35,4	37	11,5	52	772	10,3	6,98
2002	11,3	11,3	13	162	198	49	18,7	14,4	16,6	35,5	29,7	17,2	48,1	658	11,3	9,67
2003	13,8	14,6	13,6	190	102	46,8	32,7	12,9	15,8	14	14,3	12,9	40,3	458	11,5	12,8
2004	10,4	9,24	9,23	41,9	142	81,9	14,2	15,2	11,6	22,4	33,9	12,2	33,7	400	10,6	8,68
2005	12,4	9,91	9,8	168	46,5	65	35,1	162	28,8	18	16,8	14,4	36,7	398	12	9,05
2006	9,18	8,19	8,22	209	66,7	17,7	11,3	9,8	12	14,5	16,8	20,6	33,7	577	8,15	7,07
2007	22,8	16,8	14,5	209	106	32,5	38,7	16,7	15,7	18,5	13,7	9,98	42,9	385	12	8,7
2008	8,66	8,55	10,1	165	35,5	21,1	17,2	13,2	20	29,7	54,9	43,5	35,6	566	9,7	7,09
2009	11,3	12,1	12,1	120	105	29,1	15	12,9	11,3	13,7	11,7	10,1	30,4	305	10,4	10,4
2010	7,1	6,82	6,86	163	61,3	15,6	6,61	6,11	6,86	8,51	11,1	8,16	25,7	453	5,66	6,3
2011	7,3	7,52	7,34	135	88,2	26,1	13,2	11,5	23,3	49,6	24,9	16,3	34,1	426	7,66	6,91
2012	13,3	8,25	8,5	230	68,4	29,7	11,5	10,3	18,4	30,4	43,1	17,2	40,8	617	8,74	7,69
2013	11,4	12,6	11,3	205	138	18,9	9,69	9,81	11,5	21,5	23,9	13,7	40,6	585	8,04	8,06
2014	12,5	10,2	13	172	138	29,7	17,9	12,7	12,9	15,3	14,7	12,9	38,5	590	9,89	9,19
2015	11,8	10,5	11,1	143	123	17,5	35,9	46,1	59,5	58,6	48,2	42,5	50,6	417	20,2	9,44
2016	22	20,6	21,2	414	51,6	20	11,8	8,55	11,5	10,5	7,88	7,89	50,6	1050	7,88	18
2017	8,44	8,42	9,91	87,6	133	37,5	101	21,5	19,5	26,2	39,7	26,2	43,2	369	11,9	5,04
2018	12,6	11,7	11,4	99,3	142	50	21,8	12,5	13,3	26,6	22,4	13,5	36,5	505	11,4	9,73
2019	10,5	9,51	11,5	156	112	28,3	38,2	126	32	56,3	91,3	26,6	58,2	348	16,7	8,5
2020	22,9	18,6	58,9	289	84,6	25	26,4	128	12,3	15,1	14,1	7,48	49,1	412	10,8	16,5
2021	7,5	7,74	7,84	193	47,6	13,9	13,5	8,44	10,7	9,46	17,3	9,27	28,7	530	7,2	6,55
2022	8	7,89	7,4	188	114	59,9	17,3	9,02	11,1	12,8	26,5	9,28	39,2	635	7,77	6,84
2023	8,36	8,05	32,8	167	34	13,2	9,11	6,38	5,43	9,71	15,8	9,23	26,5	312	4,68	6,96
2024	8,1	7,39	7,36	241	59,6	39,1	18,6	17,6	13,2	12,6	12,4	9,51	37	487	11,8	6,55
р.Чепца – г.Глазов																
2000	21,1	17,8	17,2	473	126	43,5	32	22,8	25,7	21,4	22,1	14,5	69,8	1260	18,3	16
2001	14,8	13,1	13,3	484	263	81,8	23	21,3	20,2	49,2	71,1	22,6	89,8	1270	14	11,4
2002	14,7	18,5	19,2	229	368	95	37,9	22,9	27	61,4	62,7	38,5	82,9	1080	16,9	12,5
2003	28,6	26,8	21,2	306	164	51,9	29,3	13,7	16,5	16,9	13,6	12,1	58,4	750	12	16,8
2004	15,9	15,1	15,5	74,9	244	135	23,8	26	25	43,8	70,2	31,3	60	616	15,7	10,1
2005	21,9	14	12,9	313	88	107	64,1	33,7	44,8	30	28,7	25,3	65,4	737	26,5	12
2006	15,9	12,4	14,7	404	147	28	17	16,1	17,1	22,1	32,9	39,7	63,9	1130	13,4	11,5

РЕПОЗИТОРИЙ

2007	35	34,4	30,8	403	191	53,9	72,8	26,6	26,2	28,8	24,2	20,9	79	715	20,2	19,6
2008	18,7	19,8	22,4	298	68,2	36,8	24,7	21,3	32,1	47,9	84,1	92,4	63,9	786	14,1	16
2009	31,6	26,5	24,8	158	181	46,2	22,9	18,8	15,7	28,1	26,2	29,8	50,8	471	13,2	23,8
2010	15	12,6	13,9	260	87,7	31,2	9,9	7,37	8,75	13,8	18,7	13,4	41	717	6,07	11
2011	11,6	12	10,9	246	163	48,5	20,9	17,2	32	77,5	46,8	34,4	60,1	723	11,9	9,34
2012	28,3	14	15,9	403	129	45,8	20,9	18,5	39,1	56,1	85,8	31,9	74	1010	13,9	11,6
2013	22,3	22,9	20,2	329	228	29,4	11,8	12	15,4	30,4	33,1	25,4	65,5	962	10,7	17,4
2014	27,9	18,4	22,8	291	228	49,3	37,1	21,4	22,9	27,1	30,6	27,2	67	895	16,2	16,7
2015	21,8	19,5	21,4	240	205	33,1	48,1	84,8	109	101	86	63	86,1	612	23	17,8
2016	43,4	40,2	40,4	710	102	32,2	19	12,9	18,8	18,2	16	16,2	89,1	1560	10,9	37,4
2017	15,1	13,1	16,3	177	244	57,8	138	37,8	28,4	43,1	65,8	40,2	73,1	643	19	11,7
2018	32,3	26,7	22,3	160	245	87,8	34,4	21,6	23,4	39,6	44,4	22,7	63,3	681	19,8	20,8
2019	20,7	19,4	22,2	239	166	40,8	53,4	180	53,3	94	154	43,7	90,5	502	25,4	18,4
2020	43,8	40,7	93,3	489	156	36,5	40,9	25,2	12,5	21,5	18,7	14,6	82,8	716	15,5	39
2021	14,7	15,8	14,4	296	89,2	19	13,1	11,1	12,5	12,9	20,9	13,3	44,2	934	9,76	13,1
2022	11,7	13,1	13	269	229	98,3	32,1	15,4	14,4	18,5	38,3	17,7	64,1	863	11,7	10,4
2023	16,3	15,2	50,3	276	63,9	20,3	12,9	10,2	9,1	9,84	16,1	12,9	42,5	549	8,33	12,6
2024	10,5	12,5	14,1	376	118	43,5	27,8	19,8	14	12,2	14,3	16,1	56,3	695	11,5	8,36
р.Лоза- пгт.Игра																
2000	4,62	3,04	3,2	38,8	13,2	6,6	8,86	6,29	8,15	8,11	6,78	5,72	9,45	120	5,02	2,46
2001	6,02	5,78	6,84	55,5	39	10,9	6,49	8,05	6,77	11	12,2	5,32	14,5	153	4,6	4,77
2002	4,9	4,53	4,51	36,1	48,5	15,2	8,38	4,87	4,38	4,91	5,08	3,23	12	164	11,1	3,27
2003	2,98	2,92	3,22	32,7	15,4	9,52	7,49	5,52	4,16	3,32	3,49	3,49	7,85	79,1	2,96	2,2
2004	4,47	4,84	5,91	12,7	28,5	13	6,24	6,93	5,73	5,9	6,33	3,57	8,68	116	4,64	2,88
2005	3,04	2,41	2,31	33,6	9,87	17,9	6,27	4,59	4,47	3,13	2,92	3,11	7,8	97,1	26,2	1,88
2006	2,35	1,97	2,27	41,1	12	3,73	2,37	2,34	2,97	3,51	4,82	5,2	7,05	110	1,96	1,81
2007	5,15	3,95	4,58	50,8	23,7	5,87	11	3,64	4,52	5,39	3,72	3,48	10,5	108	2,4	3,23
2008	2,84	3,11	4,29	37,1	7,54	4,31	3,55	3,31	3,12	3,63	6,54	6,51	7,15	119	2,63	2,35
2009	3,07	2,8	3,08	16,9	18,4	4,69	3,25	2,91	2,56	2,94	3,39	3,38	5,61	72,2	2,28	2,57
2010	2,3	1,9	2,01	27,4	9,8	2,36	1,65	1,62	1,72	2,04	2,76	1,99	4,8	73,4	1,35	1,67
2011	1,79	1,73	1,67	21,6	18,9	4,38	3,46	2,66	4,11	6,55	3,79	3,38	6,17	75,3	2,07	1,53
2012	2,89	2,21	2,59	48,5	12,3	4,45	2,56	2,76	3,26	4,17	4,6	1,78	7,67	141	2,21	2,08
2013	2,32	2,33	2,49	36	22,8	3,5	2,56	2,84	2,65	4,07	3,89	2,58	7,33	121	2,3	0,92
2014	2,61	2,14	2,92	28	29,9	5,1	4,39	4,03	3,9	4,94	3,81	2,67	7,87	107	2,61	1,97
2015	2,5	2,07	2,13	25,6	25,7	3,4	4,85	6,37	5,82	9,78	10,3	7,17	8,81	115	2,97	1,86
2016	4,91	4,68	4,38	72,4	11,8	5,83	3,24	2,29	3,53	2,98	2,37	2,22	10,1	223	2,11	3,56
2017	2,18	2,18	2,56	18,4	27,9	5,83	13,1	4,93	4,79	6,91	8,86	3,8	8,46	108	3,71	1,85
2018	3,61	2,94	2,95	20	29,5	7,84	4,92	2,79	2,87	3,94	4,02	2,6	7,33	130	2,44	2,67
2019	2,45	2,54	2,95	27,6	21,9	6,4	5,33	16,8	6,2	9,51	13,4	4,78	9,98	88,7	3,58	2,21
2020	4,78	4,68	10,5	51,4	16,7	6,14	8,41	4,88	4,5	3,97	3,54	2,58	10,1	89,8	3,32	3,87
2021	2,65	2,52	2,81	32,8	9,55	3,39	3,11	2,17	3,21	2,6	3,26	2,47	5,85	89,1	1,91	2,34
2022	2,27	2,49	2,27	35,1	14,7	10,1	4,48	2,86	3,71	3,75	5,38	2,8	7,47	136	2,48	1,95
2023	2,73	2,61	10,5	31,1	7,08	3,6	2,84	2,32	2,08	2,84	4,64	2,66	6,24	67,1	1,82	2,26
2024	2,5	2,5	2,64	48,1	11,1	6,88	3,86	3,91	3,06	2,83	3,51	2,59	7,73	112	2,47	2,1

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ

Приложение 8

Толщина льда на реках Чепца и Лоза, см

Год	Толщина льда в январе	Толщина льда в феврале	Средняя толщина льда в марте	Средняя толщина льда в апреле	Средняя толщина льда в ноябре	Средняя толщина льда в декабре	Среднее за год
р.Чепца – г.Глазов							
2000	57	60	62	-	20	35	39
2001	52	61	65	-	-	35	36
2002	55	64	71	-	-	35	38
2003	-	-	48	50	-	-	16
2004	31	40	56		-	25	25
2005	37	46	51	-		27	27
2006	42	48	61	-	10	14	29
2007	29	40	42		-	14	21
2008	33	45	48			20	24
2009	40	48	48	-		13	25
2010	34	40	37	-	-	25	23
2011	37	42	48	48	-	22	25
2012	33	43	48	-	-	24	25
2013	50	51	59	-		26	31
2014	28	42	40	41	-	18	28
2015	41	-	38	-	-	33	19
2016	36	45	41	-		-	20
2017	38	35	46	35	17	27	33
2018	38	37	45	39	-	19	30
2019	33	33	45	-	12	15	23
2020	30	35	39		15	24	24
р.Лоза – пгт.Игра							
2000	52	58	64		-	-	29
2001	62	-	-	-	25	49	23
2002	62	67	-	-	-	-	22
2003	47	49	72	-	-	37	34
2004	-	-	-	-	12	31	7
2005	-	-	-	-	-	28	28
2006	42	54	68	-	-	19	31
2007	46	60	50		15	30	34
2008	43	63	67		14	32	31
2009	36	42	42	-		21	24
2010	46	55	57	50		35	41
2011	41	49	54	50	15	27	39

ВКР УдГУ

2012	47	56	59	56	10	33	44
2013	45	48	51	43	-	24	35
2014	33	44	46	35	-	22	30
2015	47	47	47	41	11	27	37
2016	42	50	52		15	26	31
2017	50	52	62	43	17	30	42
2018	35	37	44	41	15	13	31
2019	53	47	73		-	27	33
2020	51	55	58		21	27	35

ВКР УДГУ

Приложение 9

Глубина промерзания почвы, см

Год	Средняя толщина льда в январе	Средняя толщина льда в феврале	Средняя толщина льда в марте	Средняя толщина льда в апреле	Средняя толщина льда в октябре	Средняя толщина льда в ноябре	Средняя толщина льда в декабре	Среднее за год
р.Чепца – г.Глазов								
2000	24	28	15	37	-	11	21	19
2001	53	55	61	47	-	35	52	43
2002	73	71	72	59	-	11	50	48
2003	11	12	13	5	-	-	9	7
2004	3	5	2	-	-	0	0	1
2005	36	55	62	62	-	16	51	40
2006	36	68	74	73	2	5	14	39
2007	0	2	12	12	-	0	0	4
2008	39	37	24	-	-	17	22	20
2009	67	77	83	53	-	4	33	45
2010	84	105	114	91	-	7	53	65
2011	9	20	30	24	-	6	4	13
2012	28	60	74	69	-	26	24	40
2013	45	47	52	50	8	7	25	33
2014	3	10	10	7	-	4	2	5
2015	38	43	44	39	4	19	35	32
2016	16	18	17	16	1	3	4	11
2017	15	22	20	11	-	7	14	13
2018	16	24	34	29	5	5	15	18
2019	46	50	46	41	6	23	37	36
2020	33	31	28	22	5	18	32	24
2021	78	81	90	84	7	25	62	61
2022	14	10	9	7,5	-	8	14	9
2023	38	40	41	-	-	20	35	25
2024	3	1	1	-	2	1	5	2
2025	19	19	22	17	-	16	19	16
2026	15	15	14	-	-	10	13	10
р.Лоза – пгт.Игра								
2000	31	26	17	11	-	25	19	18
2001	40	35	29	22	-	23	40	27
2002	32	34	31	26	-	7	20	21
2003	23	23	23	18	-	-	7	13
2004	0	8	11	5	-	0	0	3
2005	24	28	38	29	-	-	25	21

ВКР ИЛГУ

2006	35	60	64	55	5	8	16	34
2007	7	18	26	-	-	7	6	9
2008	37	41	28	-	-	21	20	21
2009	72	82	83	69	5	3	26	48
2010	58	72	80	73	2	6	39	47
2011	17	30	50	41	-	8	14	23
2012	31	47	52	48	7	34	35	35
2013	32	34	42	38	-	6	17	24
2014	3	9	6	-	3	6	7	5
2015	36	41	46	42	2	19	35	31
2016	14	18	21	19	9	6	4	12
2017	22	25	23	16	9	16	22	18
2018	18	24	31	28	3	4	18	18
2019	41	49	44	25	9	21	29	30
2020	21	15	11	6	2	12	23	13
2021	62	62	71	56	-	14	47	45
2022	20	20	22	21	-	10	17	16
2023	15	15	11	-	-	12	15	10
2024	4	3	2	-	1	5	4	3
2025	16	15	14	3	-	15	20	12
2026	8	8	5	-	-	1	8	4

ВКР УлГУ

Приложение 10

Высота снежного покрова, см

Год	Высота снежного покрова в январе	Высота снежного покрова в феврале	Высота снежного покрова в марте	Высота снежного покрова в апреле	Высота снежного покрова в октябре	Высота снежного покрова в ноябре	Высота снежного покрова в декабре	Среднее за год
р.Чепца – г.Глазов								
2000	39	51	54	45	-	10	23	32
2001	55	69	73	51	1	9	28	41
2002	45	65	69	46	2	9	21	37
2003	68	75	76	54	0	29	71	53
2004	40	52	50	25	0	9	26	29
2005	40	48	64	45	-	11	27	34
2006	35	46	58	36	4	4	22	29
2007	47	63	65	-	13	21	27	34
2008	44	55	51	-	-	20	32	29
2009	21	34	38	5	-	10	5	16
2010	40	42	53	15	17	22	14	29
2011	53	66	72	35	-	23	44	42
2012	46	46	58	22	-	15	37	32
2013	48	50	57	24	-	12	28	31
2014	49	60	51	29	-	18	38	35
2015	43	52	45	27	13	10	25	31
2016	3	60	68	38	8	16	31	32
2017	63	67	69	44	3	27	49	46
2018	38	45	57	38	-	3	24	29
2019	39	59	57	27	2	9	21	31
2020	39	52	31	-	-	6	17	21
2021	42	60	65	33	-	11	20	33
2022	60	71	72	58	-	15	34	44
2023	49	57	68	-	-	10	37	32
2024	70	85	73	-	6	16	48	43
2025	41	42	33	-	-	3	21	20
2026	57	79	64	14	-	1	23	34
р.Лоза – пгт.Игра								
2000	41	62	68	34	-	8	26	34
2001	58	76	55	63	3	17	31	43
2002	56	77	78	34	2	22	32	43
2003	60	69	82	36	0	29	39	45
2004	43	56	65	29	10	20	34	37
2005	41	54	62	36	-	16	30	34
2006	37	51	61	36	1	4	28	31
2007	38	50	48	-	1	19	22	25
2008	45	63	66	-	-	19	33	32
2009	29	39	40	9	-	9	8	19

ВКРУАТУ

2010	50	53	63	26	2	21	21	34
2011	48	60	67	23	0	15	40	36
2012	45	48	58	27	-	16	40	33
2013	43	45	53	23	-	10	25	28
2014	53	68	62	32	-	14	39	38
2015	45	51	42	37	20	9	25	33
2016	41	53	63	33	12	15	26	35
2017	63	79	85	39	1	25	45	48
2018	34	41	52	37	-	7	21	27
2019	30	47	57	32	2	13	16	28
2020	47	63	51	-	-	7	25	28
2021	42	53	63	33	-	9	20	31
2022	54	70	74	41	-	18	27	41
2023	53	59	67	-	-	15	38	33
2024	70	58	78	11	13	19	43	42
2025	48	53	42	-	-	6	21	24
2026	60	85	69	6	-	1	25	35

ВКР УлГУ

Приложение 11

Коэффициент парной корреляции между скоростями размыва и гидрологическими показателями

Гидрологический показатель	Коэффициент корреляции между среднегодовыми скоростями размыва и гидрологическими показателями	Коэффициент корреляции между максимальными скоростями размыва и гидрологическими показателями
Максимальный расход воды (г.Глазов)	0,4006	0,4147
Максимальный расход воды (пгт.Игра)	0,5108	0,5618
Минимальный расход (г.Глазов)	-0,0408	-0,1578
Минимальный расход (пгт.Игра)	-0,0914	-0,0202
Уровень воды (г.Глазов)	0,0668	0,0807
Уровень воды (с.Полом)	0,0874	0,2493
Толщина льда (г.Глазов)	0,2951	0,2559
Толщина льда (пгт.Игра)	0,1354	-0,0538
Глубина промерзания почвы (г.Глазов)	0,1748	0,1746
Глубина промерзания почвы (пгт.Игра)	-0,2437	-0,3174
Высота снежного покрова (г.Глазов)	0,1831	0,2311
Высота снежного покрова (пгт.Игра)	0,2522	0,2870
Продолжительность снеготаяния (пгт.Игра)	-0,1036	-0,1370

ВКР УдГУ