

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ



На правах рукописи

УДК 556.537(470.1/2)

ЛЬВОВСКАЯ Елизавета Александровна

**РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА
БОЛЬШИХ РЕКАХ СЕВЕРА ЕТР**

Специальность 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

МОСКВА – 2016

Работа выполнена на кафедре гидрологии суши географического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Научный руководитель: **ЧАЛОВ Роман Сергеевич**
*доктор географических наук, профессор
кафедры гидрологии суши*

Официальные оппоненты: **БЕЛЯКОВ Алексей Алексеевич**
*доктор географических наук, гл. научный
сотрудник АНО Институт демографии,
миграции и регионального развития (г. Москва)*

РЕЗНИКОВ Павел Николаевич
*кандидат географических наук, главный гидролог
ОАО «Росстройизыскания» (г. Москва)*

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Российский государственный
гидрометеорологический университет»**
(г. Санкт-Петербург)

Защита состоится «___» _____ 2016 г. в ____ на заседании диссертационного совета Д 501.001.68, созданного на базе Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, по адресу: 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1, ГЗ, МГУ, географический факультет, 18 этаж, ауд. 1801

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций Фундаментальной научной библиотеки Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (119991, Москва, Ломоносовский проспект, 27, А8) и на сайте МГУ (<http://istina.msu.ru/dissertations/20134747/>). Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения) просим направлять по адресу: 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1, ГЗ, МГУ, географический факультет, ученому секретарю диссертационного совета Д 501.001.68, e-mail: science@geogr.msu.ru, факс: +7 495 9328836.

Автореферат разослан «___» _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
*доктор геолого-минералогических наук,
профессор*



Савенко В.С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования обусловлена тем, что оценки руслового режима больших рек Севера ЕТР недостаточны, а для Мезени и Печоры они вообще отсутствуют. Формирование русел больших рек Севера ЕТР происходит в относительно однородных природных условиях, не подверженных значительному воздействию хозяйственной деятельности (реки используются только как водные пути). С этих позиций реки уникальны, и исследование руслового режима рек региона позволяет выявить закономерности фоновых переформирований, особенно русел рек, разветвленных на рукава, и установить для них региональные гидролого-морфологические зависимости, без существенного антропогенного вмешательства дать оценку реакции русел рек на изменения факторов русловых процессов. Оценки современного состояния и дальнейших переформирований русел рек Севера ЕТР востребованы в качестве основы для их регулирования.

Объекты исследования – большие реки Севера ЕТР в их среднем и нижнем течении: Северная Двина от г. Котласа до слияния с р. Пинегой (614–94 км от устья); Вычегда – от г. Сыктывкара до слияния с Северной Двиной (414–0 км); Мезень – от слияния с р. Вашкой до устья р. Пёзы (158–46 км); Печора от г. Печоры до впадения р. Сулы (880–190 км), т.е. до верхней границы устьевых областей рек. Для всех рек (кроме Вычегды) характерно абсолютное преобладание разветвленного русла; Вычегда – река в основном меандрирующая, но с участками разветвленного русла.

Цель исследования – дать характеристику современного состояния и сравнительный анализ русел рек Севера ЕТР (морфодинамика, устойчивость, антропогенные воздействия), закрыть «белое пятно» в географии русловых процессов в отношении Печоры и Мезени, обосновать оценку возможных переформирований русел рек Севера ЕТР при возможных изменениях водности.

Это потребовало решить ряд взаимосвязанных **задач**:

- обобщить сведения о русловых процессах на больших реках европейского Севера России;

- дать анализ распространения морфодинамических типов русла в зависимости от условий их формирования;
- установить связи между параметрами русла и характеристиками водности рек (гидролого-морфологический анализ);
- выявить закономерности переформирования русел в прошлом, их связь с колебаниями водности и влиянием антропогенных факторов;
- дать оценку возможных изменений русел в будущем при повышении/понижении водности рек на основе гидролого-морфологических зависимостей и установленных закономерностей переформирования.

Защищаемые положения:

1. Условия формирования русел больших рек Севера ЕТР (наличие трех интервалов руслоформирующих расходов воды и прохождение верхнего интервала при затопленной пойме, высокий сток наносов, слабая устойчивость русел, большая их ширина и др.) определяют преобладание разветвлений, представленных всеми их морфодинамическими типами.
2. Гидролого-морфологические зависимости для разветвленных русел больших рек Севера ЕТР носят региональный характер, имея общие тренды. Зависимости дифференцируются по разветвлениям разного морфодинамического типа, отражая различия в условиях формирования разветвлений, и определяются статусом рукава (главный, второй основной, второстепенный).
3. Переформирования русел больших рек Севера ЕТР за исторический период происходили под влиянием факторов природной среды; антропогенное воздействие на русла Северной Двины и Вычегды (дноуглубительные работы по трассам судовых ходов) ускоряло или замедляло русловые деформации, не нарушая общей их направленности. Трансформация русел происходила в продолжительные многоводные периоды, являясь результатом их саморазвития (в основном в сторону усложнения морфологии русла) и антропогенного воздействия (упрощение морфологии русла).

4. В зависимости от сценария изменения водности намечены различные пути переформирования русел в будущем. Оценка возможных изменений русловых процессов, а также параметров разветвленных русел по гидролого-морфологическим зависимостям может быть использована при планировании мероприятий по коренному улучшению судоходных условий на больших реках региона.

Фактический материал. В работе использованы лоцманские карты разных лет издания, материалы регулярных съемок и промеров русла, выполняемые изыскательскими партиями и предоставленные Администрациями Северодвинского и Печорского бассейнов внутренних водных путей, а также хранящиеся в архиве научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева МГУ, крупномасштабные топографические карты и космические снимки. Автор принимала участие в русловых изысканиях на Северной Двине в 2008 и 2009 гг., составлении планов перекатов и оптимизации автоматизированного расчета дноуглубительных работ. Использовались картографические материалы XVIII – начала XX вв. по Северной Двине и Вычегде, предоставленные И.Н. Каргаполовой и полученные ею в Российском государственном архиве древних актов, Военно-историческом архиве, архивах Государственного Исторического музея, Российской государственной библиотеки и Библиотеки РАН. Также использовались материалы натурных исследований русел рек Северной Двины и Вычегды (2000-е гг.), Печоры (июнь-июль 2008 г.) и Мезени (июнь-июль 2009 г.), проведенные НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева.

Методы исследования. При обработке данных применялись современные методы гидролого-морфодинамического анализа, построение QI -диаграмм и их совместный анализ с эпюрами руслоформирующих расходов воды Q_{ϕ} ; ретроспективный анализ за период, охваченный картографическим материалом, основывался на сопоставлении карт и планов русел за разные временные срезы с конца XVIII по начало XXI века.

Научная новизна. Впервые был проведен гидролого-морфологический анализ разветвленных русел больших рек Севера ЕТР, которые с этой точки зрения оставались практически неизученными, характеризуясь большой морфологической сложностью и разнообразием, рассредоточением стока воды по рукавам, его изменчивостью во времени и неоднозначностью влияния на условия транспорта наносов.

В ходе ретроспективного анализа установлены общие закономерности и особенности переформирования русел рек региона в зависимости от условий их формирования, в том числе антропогенного воздействия, геолого-геоморфологических и гидрологических условий. На основе предложенных методических подходов разработаны оценки возможных изменений русловых процессов и параметров разветвленных русел в будущем при изменениях водности.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что предложенные методы руслового анализа (гидролого-морфологические зависимости, ретроспективный анализ) позволяют давать конкретные оценки возможных русловых деформаций и параметров разветвленных русел в долгосрочной перспективе в условиях изменяющихся естественных факторов природной среды, а также при антропогенном воздействии, что очень важно при решении вопросов освоения и исследования рек. Результаты работы, представленные в виде оценок возможных изменений русловых процессов и параметров разветвлений, имеют значение при планировании мероприятий по регулированию русел, в первую очередь, для судоходства.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на международных молодежных научных форумах «Ломоносов» (Москва, апрель 2011, 2012, 2013, 2015 гг.), IX (Волгоград, апрель 2012 г.) и X (Белгород, апрель 2014 г.) семинарах молодых ученых вузов, объединяемых Межвузовским научно-координационным советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов; международной научно-практической конференции «Региональные проблемы водопользования в изменяющихся климатических

условиях» (Уфа, ноябрь 2014 г.); научном семинаре научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов «Маккавеевские чтения» (Москва, декабрь 2014 г.) и научном семинаре кафедры гидрологии суши МГУ (Москва, декабрь 2015 г.).

Результаты диссертационного исследования нашли отражение в отчетах по проектам РФФИ «Пространственно-временной анализ русловых процессов: теория и научные основы управления» (09-05-00221) и «Региональный анализ трансформации русловых процессов на реках России в прошлом, настоящем и будущем под влиянием изменений природных факторов и антропогенных воздействий» (проект 12-05-00348), программы президента РФ для поддержки ведущих научных школ – проекты НШ-79.2012.5 и НШ-1010.2014.5.

По результатам исследования подготовлено **14 публикаций**, в том числе **3** статьи в научных журналах, включенных в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, **5** статей в прочих журналах и сборниках, **6** тезисов докладов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации 266 страниц, содержит 37 таблиц, 93 рисунка. Приложения содержат 14 страниц, 4 рисунка и 5 таблиц. Список литературы включает 152 наименования, в том числе 17 на иностранных языках; список архивных материалов включает 7 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи, охарактеризована научная новизна и практическая значимость исследования, описаны методика и фактический материал, использованный в работе, сформулирован предмет защиты, указаны сведения об апробации работы.

В **первой главе** представлены сведения об истории исследований русловых процессов на больших реках Севера ЕТР, показаны различия в степени изученности рек региона. В целом, чем севернее и восточнее протекает река, тем

меньше она освоена и, следовательно, освещена на картах и в литературе. По Северной Двине и Вычегде имеются карты конца XVIII в.; наиболее ранние картографические материалы по Мезени и Печоре (пригодные для изучения их русел) приходится на середину XX в. Режим переформирований русла Северной Двины и Вычегды достаточно подробно освещен в монографии «Русловые процессы и водные пути на реках бассейна Северной Двины» [2012], в которой особое внимание уделяется отдельным протяженным участкам, представляющим собой затруднения для судоходства. В то же время русловой режим Печоры и Мезени практически не изучался.

Вторая глава посвящена условиям формирования русел рек Севера ЕТР. Рассмотрены колебания **стока воды** – активного фактора русловых процессов, – за период с конца XVIII в. для Северной Двины и Вычегды, с 30-х гг. XX в. для Мезени и Печоры выделены периоды характерной водности.

Приведены сведения о гидрологическом режиме объектов исследования. Рекам Севера ЕТР присущ восточно-европейский тип водного режима с достаточно продолжительным весенним половодьем (от 1,5-2 месяцев на Северной Двине, Вычегде и Мезени до 2,5-3 месяцев на Печоре), на которое приходится бóльшая доля годового стока, а также проходят максимальные расходы воды ($Q_{\text{макс}}$), близкие по величине к руслоформирующим ($Q_{\text{ф}}$).

Большие реки Севера ЕТР принимают ряд крупных притоков, наиболее значимые из которых: Вычегда (приток Северной Двины), Вымь (приток Вычегды), Вашка (приток Мезени), Уса (приток Печоры). Эти притоки служат границами морфологически однородных участков, поскольку существенное изменение гидрологических условий влечет за собой изменения форм проявления русловых процессов.

От верховьев к устью рек Севера ЕТР происходит закономерное увеличение общего **стока наносов** и его составляющих пропорционально их водности ($Q_{\text{ср}}$). Дифференциация полученных зависимостей между характеристиками стока наносов и водности отвечает условиям руслоформирования и соответствующим им типам русла – врезанным и

широкопойменным. При одинаковой водности в широкопойменном русле сток наносов (взвешенных и влекомых) выше, чем во врезанном. Сток взвешенных наносов преобладает в общем стоке наносов ($W_G/W_R < 1$; $W_R > 60\%$) на всех исследованных участках.

Руслообразующие наносы в пределах исследуемых участков рек представлены преимущественно средне- и крупнозернистыми песками с примесью гравия (до 20-30%).

Соотношение крупности наносов и уклонов реки определяет **устойчивость русел**, для оценки которой использовались число Лохтина Λ и коэффициент стабильности Н.И. Маккавеева K_c . На Северной Двине участки слабоустойчивого русла чередуются с относительно устойчивыми. Более устойчивым участкам соответствует относительно прямолинейное русло, врезанные излучины, либо простые формы разветвлений (одиночные и односторонние) врезанного русла или рукав разветвлений, проходящий вдоль коренного берега (Хаврогорское разветвление). На участках с наименьшей устойчивостью во врезанном и широкопойменном русле формируются параллельно-рукавные разветвления (Паячно-Рубежское, Конецгорское, Калкурское).

На Вычегде устойчивость русла снижается сверху вниз по течению: до с. Межог (224 км) русло устойчивое, от с. Межога до устья – слабоустойчивое. Наименьшей устойчивостью характеризуются участки с разветвленно-извилистым широкопойменным руслом.

Русло Мезени слабоустойчивое на всем протяжении нижнего течения. На участках с большими значениями показателей устойчивости формируются вынужденные излучины (Азаполье – Целегора) или относительно прямолинейное врезанное русло (Козьмогородское – Кимжа). Наименьшей устойчивостью характеризуются параллельно-рукавные разветвления врезанного русла, свойственные нижнему течению Мезени.

Русло Печоры от г. Печоры до устья р. Усы слабоустойчивое; от устья р. Усы до устья р. Цильмы – относительно устойчивое и устойчивое (показатели

возрастают вниз по течению); от устья р. Цильмы до устьевой области – устойчивое, но с общей тенденцией снижения вниз по течению. На участках с наименьшей устойчивостью формируются сопряженные разветвления в широкопойменном русле, наибольшей устойчивости – обтекающие излучины во врезанном и широкопойменном русле.

Однако, очевидно, что одним и тем же величинам показателей устойчивости русел больших рек Севера ЕТР соответствуют различные скорости русловых деформаций, что подтверждается ретроспективным анализом.

Для рек Севера ЕТР характерны три интервала *руслоформирующих расходов воды*. Верхний интервал наблюдается при затопленной пойме, что в свободных условиях русловых деформаций благоприятствует развитию пойменной многорукавности и русловых разветвлений, а в меандрирующем русле – образованию прорванных излучин.

Дана *геолого-геоморфологическая характеристика* бассейнов рек, определяющая свободные или ограниченные условия развития русловых деформаций и, следовательно, распространение широкопойменных, адаптированных или врезанных русел.

В *третьей главе* дана подробная характеристика морфодинамики русел больших рек. *Распространение основных морфодинамических типов русел и геолого-геоморфологических условий русловых деформаций*, а также морфологически однородные участки представлены на схеме (рис. 1).

Для рек Севера ЕТР характерно чередование свободных и ограниченных условий развития русловых процессов. При этом широкопойменные русла занимают более 50% протяженности исследуемых рек.

Среди морфодинамических типов русла с учетом протяженности участков относительно прямолинейного русла, в пределах которых сформировались разветвления второго/третьего порядков, на реках Севера абсолютно преобладают разветвленные русла, занимая около 70% их длины они преимущественно являются широкопойменными, хотя их доля значительна во врезанном русле.

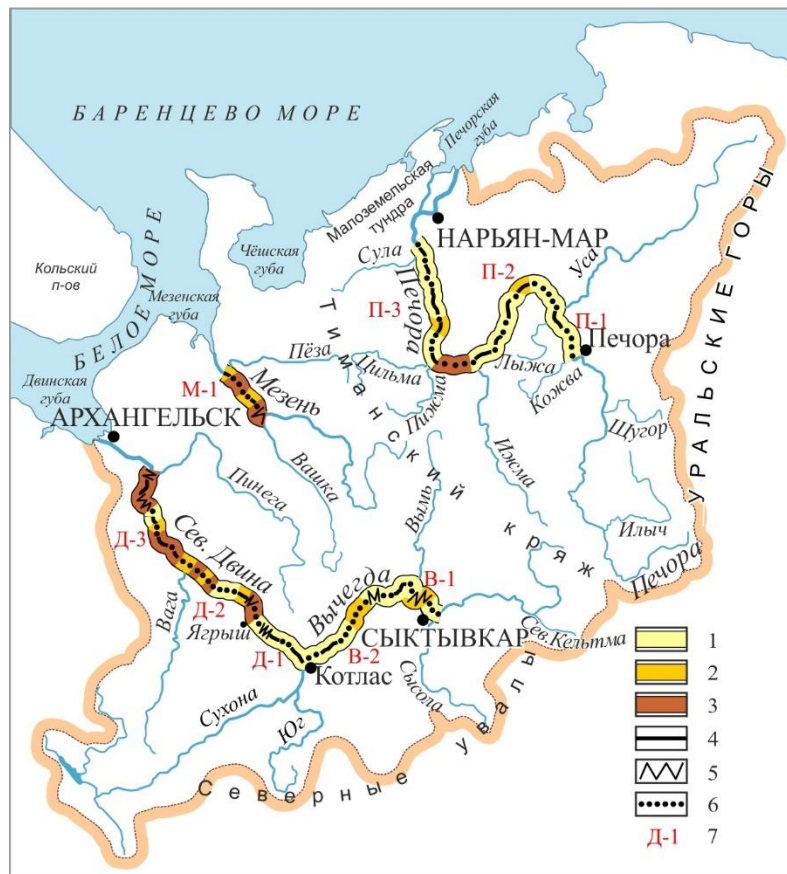


Рисунок 1 – Схема распространения морфодинамических типов русла: 1 – широкопойменное, 2 – адаптированное, 3 – врезанное; 4 – относительно прямолинейное неразветвленное, 5 – извилистое, 6 – разветвленное. 7 – номера морфологически однородных участков: Д – Северная Двина, В – Вычегда, М – Мезень, П – Печора

Разветвленные русла представлены практически всеми известными морфодинамическими типами (рис. 2). Согласно классификации МГУ [Чалов, 2008], среди них преобладают параллельно-рукавные (24% общей протяженности участков разветвленных русел), одиночные (20%), односторонние (16%), пойменно-русловые (15%) и сопряженные (11%). Различаются пойменно-русловые разветвления в разветвленном русле Северной Двины и Печоры (рис. 2, Е-1) и пойменно-русловые разветвления в меандрирующем русле Вычегды (рис. 2, Е-2).

На Печоре и Северной Двине формирование пойменно-русловых разветвлений связано с эволюцией островов и островных массивов. По водности основные рукава этих разветвлений равноценны и практически не изменяют свою величину в разные фазы водного режима и в разные по водности годы. На Вычегде они формируются в результате спрямления излучин русла, а дальнейшие их переформирования связаны с периодическим

перераспределением расходов воды по рукавам и неодинаковым влиянием пойменных потоков в многоводные и маловодные половодья. Встречаются также чередующиеся односторонние разветвления, разветвления в узлах слияния рек (Вычегды и Северной Двины, Северной Двины и Ваги, Печоры и Лыжи, Печоры и Ижмы) (рис. 2, Ж). Имеются разветвления, которые обычно не включаются в классификации – двусторонние (рис. 2, 3) и прибрежные (рис. 2, И).

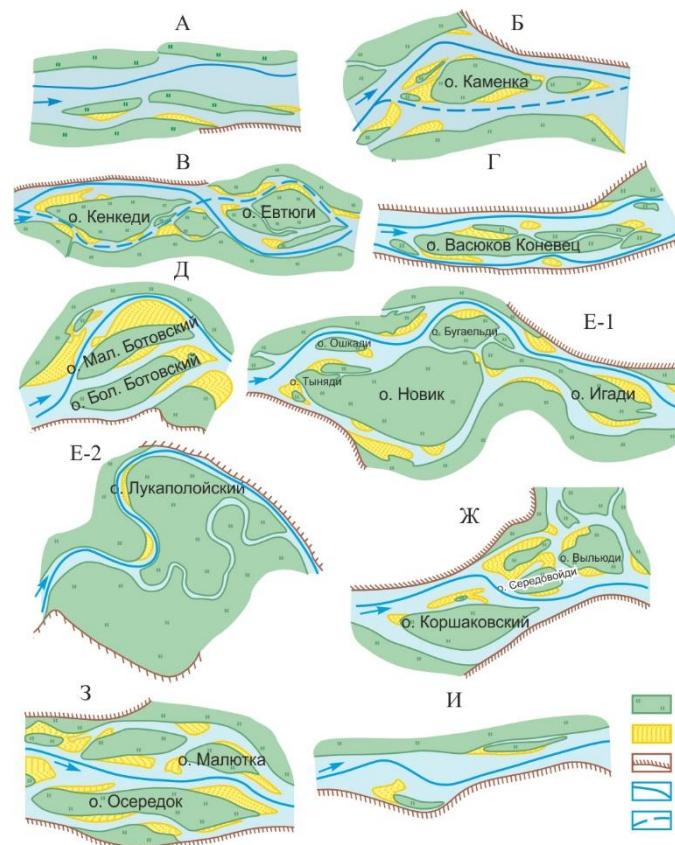


Рисунок 2 – Основные типы разветвленных русел на реках Севера ЕТР: А – односторонние (Печора); Б – одиночное (Печора); В – сопряженные (Печора); Г – параллельно-рукавные (Мезень); Д – разветвлено-извилистое (Северная Двина); Е-1 – пойменно-русловое в разветвленном русле (Печора); Е-2 – пойменно-русловое в меандрирующем русле (Вычегда); Ж – дельтовое (слияние Печоры с Ижмой); 3 – двустороннее (Северная Двина); И – прибрежные (Печора); 1 – пойма, 2 – песчаные отмели, 3 – коренной берег, 4, 5 – положения главного течения реки

Распространение разветвлений на реках неодинаково. Наибольшее число типов разветвлений представлено на Северной Двине и Печоре, наименьшее – на Мезени (абсолютно преобладают параллельно-рукавные) и Вычегде (одиночные, односторонние, пойменно-русловые). На Вычегде – преимущественно меандрирующей реке, разветвления не образуют протяженных морфологически однородных участков.

Относительно прямолинейное неразветвленное русло занимает около 30% и расположено преимущественно вдоль коренного берега, часто в его пределах встречаются разветвления второго порядка. Наименее распространены на больших реках Севера излучины. Среди них выделены своеобразные «обтекающие» излучины, встречающиеся на Печоре и Вычегде, и не упоминающиеся в существующих классификациях и описаниях морфологии русел.

Гидролого-морфологический анализ включает построение *QI-диаграмм* и их совместный анализ с Q_{ϕ} . В поле *QI-диаграммы* взаимное расположение точек соответствует известным закономерностям (с увеличением мощности потока извилистое русло сменяется разветвленным с расположением в области максимальных мощностей наиболее морфологически сложных типов разветвлений), однако коэффициенты аппроксимации разделяющих их линий отличаются от аналогичных диаграмм для других регионов. Формирование разветвлений в среднем и нижнем течении рек преимущественно обеспечивается руслоформирующими расходами воды верхнего интервала $Q_{\phi_{\text{верх}}}$, проходящими при затопленной пойме. Извилистые русла также формируются при затопленной пойме, что обеспечивает развитие пойменных протоков в их шпорах.

Даны обзор имеющихся *гидролого-морфологических зависимостей* для извилистого русла Вычегды [Завадский, 2000, 2001; Завадский и др., 1997, 2002; Каргаполова, 2006] и анализ вновь полученных гидролого-морфологических зависимостей для разветвленных русел. Получены зависимости ширины рукавов $b_{\text{рук}\phi}$ при руслоформирующем расходе воды от руслоформирующего расхода воды в них $Q_{\phi_{\text{рук}}}$

$$b_{\text{рук}\phi} = kQ_{\phi_{\text{рук}}} + a, \quad (1)$$

относительной ширины островов B_0/b_p от удельного среднемаксимального расхода воды $q_{\text{макс}} = Q_{\text{ср.макс}}/b_p$, где B_0 – ширина острова, b_p – ширина русла выше узла разветвления

$$\frac{B_0}{b_p} = kq_{\text{макс}} + a, \quad (2)$$

основных параметров излучин рукавов разветвлений ($r_{\text{рук}}$ – радиус кривизны, $L_{\text{рук}}$ – шаг) от руслоформирующего расхода воды в рукавах и ширины рукавов в вершинах излучин $b_{\text{рукф}}$, которые дифференцируются по типам разветвлений и статусу рукава (главный, второй основной, второстепенный).

Коэффициенты k в уравнении связи (1), уменьшаются от пойменно-русловых к сопряженным разветвлениям (табл. 1), т.е. по мере упрощения их морфологии и упорядочения структуры потока. Ширина рукавов параллельно-рукавных разветвлений сопоставима для главных и вторых основных рукавов при одних и тех же расходах воды. Зависимости для остальных типов разветвлений существенно различаются для главных и вторых основных рукавов. При этом разветвления всех рек региона можно описать единым уравнением связи: $b_{\text{рукф}} = 0,057Q_{\text{фрук}} + 271$ (коэффициент корреляции $R = 0,87$).

Таблица 1 – Коэффициенты уравнения (1) и соответствующие им коэффициенты корреляции R

Разветвление	k	a	R
Пойменно-русловые	0,750	158	0,83
Параллельно-рукавные	0,072	275	0,93
Одиночные	0,072	60	0,91
Односторонние	0,063	131	0,86
Сопряженные	0,035	419	0,88

Иной порядок увеличения коэффициентов, от прибрежных и параллельно-рукавных разветвлений к пойменно-русловым разветвлениям, характерен для зависимости (2). Обнаружены различия в зависимостях для пойменно-русловых разветвлений в извилистом русле и в разветвленном; также различаются зависимости для одиночных разветвлений на Вычегде, на Северной Двине и Печоре, что связано с различиями в особенностях их формирования: на Вычегде они не образуют протяженных участков, а представлены отдельными узлами в относительно прямолинейном русле.

Отношение длины острова к его ширине L_o/B_o также зависит от типа разветвления и реки. Обнаруживается общая закономерность для всех рек – увеличение L_o/B_o от пойменно-русловых к параллельно-рукавным разветвлениям (табл. 2), т.е. в последних острова имеют более вытянутую форму по сравнению с островами разветвлений других типов.

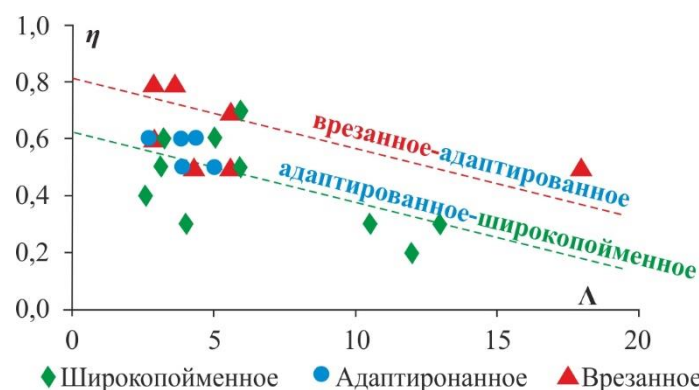
Таблица 2 – Соотношения L_0/B_0 и коэффициенты корреляции (R) для разных типов разветвлений

Разветвление	Северная Двина		Вычегда		Мезень		Печора	
	L_0/B_0	R	L_0/B_0	R	L_0/B_0	R	L_0/B_0	R
Пойменно-русловые	3,2	0,6	1,3	–	–	–	1,9	0,9
Одиночные	3,6	0,9	3,6	0,8	4,1*	1,0	3,8	0,8
Сопряженные	–	–	–	–	–	–	3,9	0,8
Односторонние	4,0	0,5	4,1	0,7	3,4	0,7	4,3	0,5
Параллельно-рукавные	5,7	0,7	–	–	5,8	–	8,1	–

Примечание: * разветвления 2-го порядка

Большой разброс граничных значений параметра L_0/B_0 (1,4-20,0 и 1,6-11,5) характеризует многообразие типов разветвлений на Северной Двине и Печоре; напротив, малый разброс граничных значений (2,2-10,8 и 0,8-8,8) свидетельствует о распространении на Мезени и Вычегде преимущественно одного-двух типов разветвлений. Вид связей показывает, что при переформированиях островов, их объединении, размыве оголовков или берегов, форма острова в рамках одного морфодинамического типа остается неизменной.

Дана характеристика **распространения перекатов и перекатных участков** на реках Севера ЕТР в зависимости от устойчивости русла, геолого-геоморфологических условий русловых деформаций и морфодинамического типа русла. Показано, что наиболее протяженные перекатные участки возникают при сочетании нескольких условий их формирования: расширение дна долины, перед его сужением, перед изменением направления дна долины или впадением крупного притока, при наличии местного источника поступления наносов и др. Относительное количество перекатов (η , прк/км) в пределах перекатных участков снижается с ростом устойчивости русла и в зависимости от геолого-геоморфологического типа русла (рис. 3).

Рисунок 3 – Зависимость относительного количества перекатов в пределах перекатных участков от Λ

Наибольшее значение η характерно для Мезени (табл. 3), наименьшее – для Печоры, Северная Двина и Вычегда занимают промежуточное положение.

Таблица 3 – Относительное количество перекатов (η) в пределах перекатных участков и устойчивость русла (Λ)

Река	η , прк/км	Λ
Мезень	0,8	2,9-5,6
Северная Двина и Вычегда	0,3-0,7	3,1-5,9
Печора	0,2-0,3	4,0-18,0

Рассмотрены особенности *режима многолетних и сезонных деформаций перекатов на примере Северной Двины:*

- скорости смещения гребней перекатов различаются для перекатов в зависимости от их расположения в русле и неодинаково изменяются от половодья к межени (горизонтальные деформации);
- высота гряды h_r на стрежне увеличивается с ростом глубины потока h в плесовой ложине, что отражает условия аккумуляции наносов на верховом склоне переката в период половодья и, наоборот, его размыв в межень (вертикальные деформации);
- при одной и той же глубине потока соотношение h_r/h закономерно уменьшается с ростом срезки уровня и, соответственно, уровня воды. То есть, аккумуляция наносов на верховом склоне переката замедляется с ростом уровней воды.

Четвертая глава посвящена ретроспективному анализу русловых деформаций. Переформирования русел рек Севера ЕТР рассматриваются как условно естественные с ненарушенным гидрологическим и русловым режимами. Условность такого состояния связана с тем, что в течение XX века и особенно его 2-й половины на Северной Двине и Вычегде выполнялись масштабные дноуглубительные работы на перекатах для обеспечения водного пути; эти воздействия, основываясь на закономерностях руслового режима, не изменяли морфодинамику русел, вследствие чего они сохранились как природные объекты, а русловым процессам «задавалась» такая направленность развития, которая закрепляла оптимальное состояние русла в отношении использования и эксплуатации реки. Русла Печоры и Мезени на протяжении того же временного

периода подвергались лишь эпизодическим дноуглубительным и выправительным работам.

Установлены общие закономерности переформирований русел за исторический период и их связь с изменениями водности: 1) перераспределение стока, развитие и обмеление рукавов в разветвлениях и соответствующие изменения статуса рукавов (главного – второго основного); 2) изменение положения основного потока на участках относительно прямолинейного русла и относительно островов разветвлений второго порядка; 3) смещение и спрямление излучин; 4) трансформация разветвленного русла, заключающаяся в смене его типа, вызванной как естественными причинами, так и антропогенным вмешательством; 5) формирование новых островов.

Основные переформирования разветвленного русла заключались в периодическом перераспределении стока по рукавам в системах разветвлений, при этом на многоводные периоды приходилось перемещение основного расхода воды в относительно более прямолинейный рукав. Перемещение основного расхода воды из одного рукава в другой также определялось смещением побочной перекатов, перекрывающих заходы то в один, то в другой рукав.

Переформирования относительно прямолинейного русла связаны с изменением положения динамической оси потока относительно берегов и побочной перекатов, либо развитием и обмелением протоков относительно островов в разветвлениях второго порядка. На периоды повышенной водности приходилось спрямление динамической оси потока, либо ее расположение вдоль коренного берега.

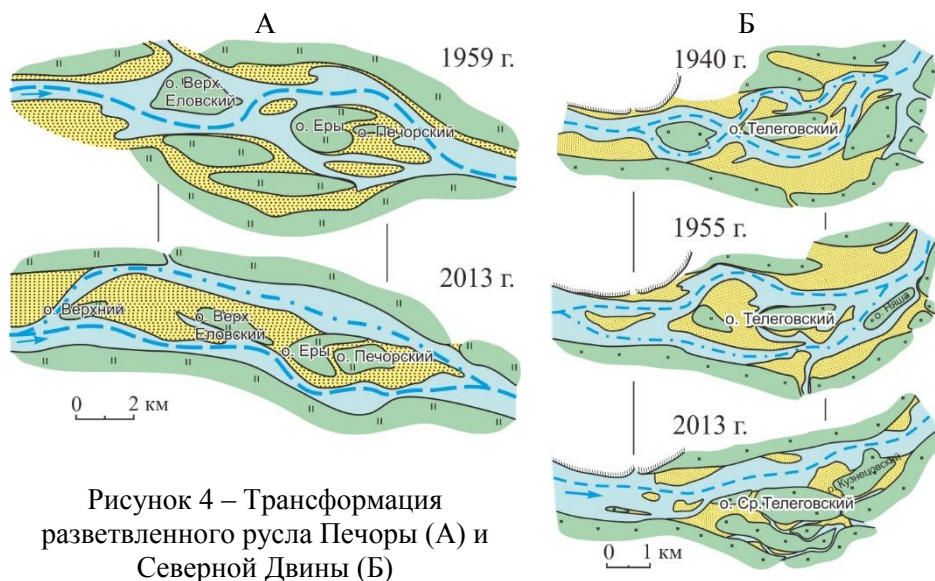
Переформирования излучин проявлялись в их развитии и продольном смещении. В периоды повышенной водности преобладало продольное смещение излучин, в периоды пониженной водности происходил размыв вогнутого берега в их вершинах. Так, максимальные скорости размыва Толоконной горы – вогнутого берега излучины на Северной Двине, приходились на периоды,

средний расход которых был ниже среднего многолетнего расхода воды за весь период наблюдений Q_0 (табл. 4).

Таблица 4 – Изменение скорости размыва Толоконной горы с 1878 по 2013 гг. в зависимости от водности периода

Годы	Скорость максимального размыва за период, м/год	Отклонение водности периода от Q_0 , %
1878-1940	5,4	+3%
1941-1955	8	-5%
1956-1975	3	+10%
1976-2004	2	+7%
2005-2013	14	-5%

В периоды повышенной водности в естественных условиях наблюдалось усложнение морфологии русла (рис. 4, А (сопряженные → параллельно-рукавные разветвления)), в периоды пониженной водности – упрощение морфологии русла (рис. 4, Б (сопряженные → одиночные разветвления)). При антропогенном воздействии наблюдалось упрощение морфологии русла за счет закрепления положения основного потока в русле, в результате чего одиночные разветвления Северной Двины трансформировались в односторонние (рис. 4, Б).



Трансформация относительно прямолинейного русла в многоводные периоды проявлялась в увеличении разветвленности русла за счет активизации пойменных проток и отчленения частей пойменных массивов (рис. 5, А), а при совпадении нескольких факторов (дополнительное поступление наносов, расширение дна долины и расположение перед сужением дна долины) также и вследствие зарастания осередков и превращения их в острова (рис. 5, Б). В

маловодные периоды происходило увеличение разветвленности русла благодаря зарастанию осередков и превращению их в острова (рис. 5, В), либо увеличение извилистости динамической оси потока (рис. 5, Г), приводящее к развитию излучин.

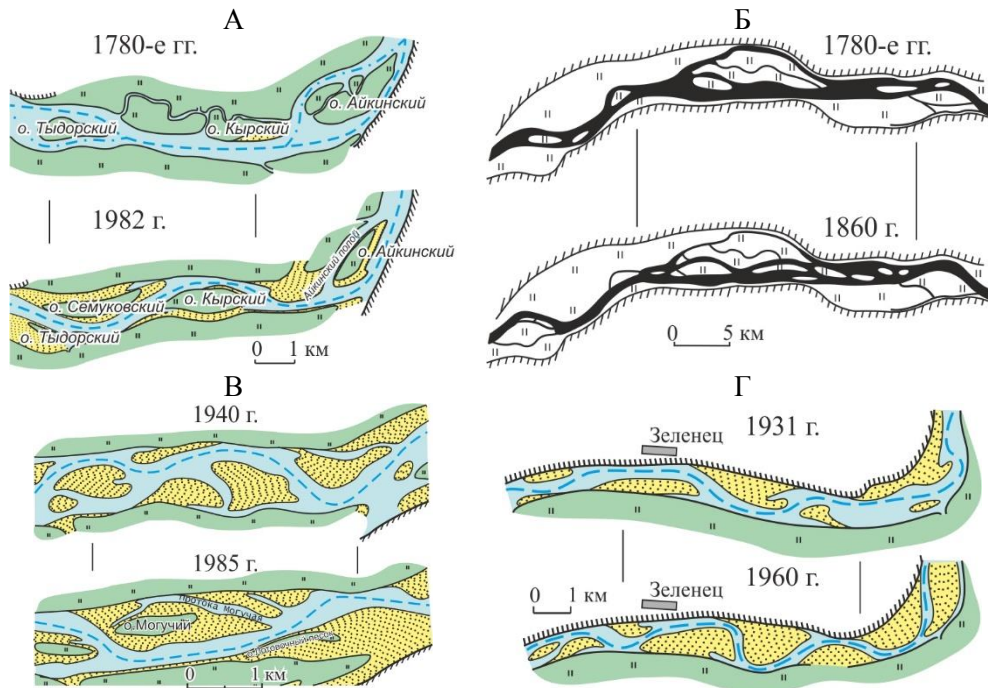


Рисунок 5 – Трансформация относительно прямолинейного русла в многоводные (А – Вычегда, Б – Северная Двина) и маловодные (В – Северная Двина, Г – Вычегда) периоды

Трансформации извилистого русла проявлялись в спрямлении излучин и формировании относительно прямолинейных участков (рис. 6, А) как в ходе их саморазвития, так и при антропогенном воздействии. Если спрямленная излучина не отмирала, формировались пойменно-русловые разветвления, либо разветвленно-извилистое русло (рис. 6, Б), что наиболее характерно для периодов повышенной водности.

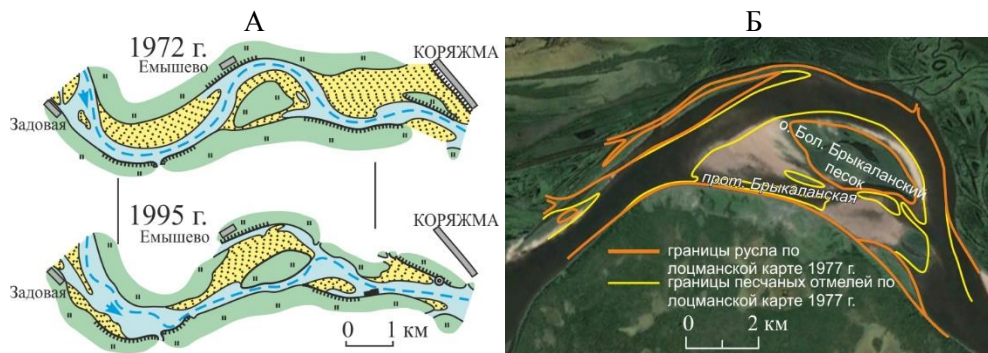


Рисунок 6 – Трансформация извилистого русла Вычегды (А) и Печоры (Б – снимок 2013 г.)

В пятой главе дан обзор существующих *сценариев изменения водности*.

Согласно исследованиям М.И. Будыко [1980], водность рек Европейского Севера России увеличится в течение ближайшего столетия на 10-15%. Последние оценки [Эколого-географические последствия..., 2011] показали, что к 2050 г. в бассейне Северной Двины (по данным разных реализаций модели) водность уменьшится на 14% или возрастет на 2%; в бассейне Мезени – уменьшится на 12% или возрастет на 6%; в бассейне Печоры – аналогичные изменения составят, соответственно, 11% и 8%. Тенденция к увеличению стока воды усилится к 2100 г.

Разработана *методика анализа* возможных изменений русловых процессов в зависимости от изменений водности. Ее основу составляют [Львовская, Чалов, 2013]: 1) выявление зависимостей между характеристиками русла, с одной стороны, и показателями факторов руслоформирования – стоком воды и наносов, с другой (гидролого-морфологические зависимости) [Чалов, 2008; Чалов, Алабян и др., 1998]; 2) построение *QI*-диаграмм, на которых точки, соответствующие различным морфодинамическим типам русла занимают определенное поле относительно разделяющих их линий, что позволяет оценивать условия их формирования в зависимости от водности потока (Q – расхода воды) и уклона I свободной поверхности [Чалов, Алабян и др., 1998]; 3) анализ эпюр руслоформирующих расходов воды Q_{ϕ} для периодов разной водности [Маккавеев, 1955; Чалов, 2008]; 4) сопоставление разновременного картографического (планового) материала, фиксирующего состояние русел на определенные временные срезы, и увязка русловых деформаций с изменением гидрологических характеристик [Чалов, 1995] – ретроспективный анализ; 5) оценка изменений параметров перекатов в зависимости от водности [Чалов и др., 2003].

Пространственное изменение параметров русел в зависимости от водности реки может служить моделью временных изменений. Можно предположить, что при изменении водности в будущем параметры разветвлений будут увеличиваться или уменьшаться в соответствии с полученными *гидролого-*

морфологическим зависимостями. Таким образом, гидролого-морфологический анализ, является не только методом исследования русловых процессов прошлого, но и одним из основных для оценки трансформаций русел разного морфодинамического типа в будущем. Зная сценарий изменения водности, по имеющимся гидролого-морфологическим зависимостям можно оценить возможные «новые» параметры русел. При этом такие зависимости имеют региональный характер и применимы только для оценок переформирования русел конкретных рек.

Метод *QI-диаграмм* позволяет при увеличении или уменьшении водности рек устанавливать возможную смену морфодинамического типа русла, его усложнение или упрощение по смещению точки, соответствующей данному гидрологическому посту, относительно разделяющих линий. Изменения уклонов в результате врезания или аккумуляции равнинных рек пренебрежимо малы, в связи с чем принимается допущение, что они практически неизменны.

Использование *QI-диаграмм* возможно для оценок трансформации русел рек, подверженных антропогенным воздействиям как непосредственно на русла, так и на факторы русловых процессов (разработка карьеров, выправление и т.д.). При этом в русловом режиме реки происходят изменения, аналогичные естественным (природным), но в значительно более короткие сроки.

Изменения водности рек приводят к изменениям величины, обеспеченности и условий прохождения *руслоформирующих расходов воды* Q_{ϕ} , соответственно, к трансформации русел рек, направленности и интенсивности русловых деформаций.

Ретроспективный анализ в прогнозировании русловых деформаций отражает изменения русла, происходящие за период, охваченный картами рек и планами перекатов и перекатных участков. Используя выявленные закономерности переформирования русел и экстраполируя полученные связи между морфологией русла и характеристиками водности на перспективу, можно в первом приближении давать прогнозные оценки русловых деформаций.

Оценка деформаций перекатов основана на учете переформирований в течение предшествующих лет. Поэтому оценки деформаций перекатов можно давать на сравнительно короткие периоды, в основном в пределах десятилетия. Поскольку перекатам свойственны сезонные деформации, при оценке их переформирований важно учитывать внутригодовое распределение стока.

Полученная зависимость $h_r = f(h, \Delta H)$ для перекатов Северной Двины позволяет оценивать глубину потока на перекате при изменении уровня воды (табл. 5). Зная срезку уровней ΔH в определенный момент времени и, следовательно, глубину потока в плесовой ложине h , можно установить высоту гряды h_r и вычислить глубину потока на перекате $h_{п.}$

Таблица 5 – Соотношение h_r/h в зависимости от глубины потока h и срезки уровня ΔH

h	400	600	800	1000	1200
ΔH	h_r/h	h_r/h	h_r/h	h_r/h	h_r/h
<0	0,61	0,69	0,76	0,79	–
0-30	0,55	0,68	0,74	0,78	–
30-60	0,45	0,63	0,71	0,77	–
60-140	0,31	0,52	0,63	0,69	–
140-210	0,20	0,46	0,58	0,65	–
210-330	–	0,21	0,39	0,52	–
330-400	–	–	0,34	0,45	–
>400	–	–	–	0,23	0,30

Рассмотрены **возможные переформирования русел** при реализации сценариев повышения или понижения водности.

Повышение стока рек Севера ЕТР в течение XXI в. приведет к увеличению обеспеченности Q_{ϕ} верхнего интервала, продолжительности и глубины затопления поймы. Возрастет вероятность активизации пойменных проток и превращения некоторых из них в основные рукава пойменно-русловых разветвлений. Ожидается формирование разветвленно-извилистых русел и перераспределение стока между рукавами вследствие активизации пойменных проток в шпорах излучин с последующим переходом в них основного расхода воды, при этом вторые (более извилистые) рукава сохраняют за собой статус вторых основных. Таким образом, ожидается увеличение разветвленности русла, возникновение новых пойменно-русловых разветвлений и разветвленно-извилистого русла с последующим перераспределением расходов воды по

основным рукавам. В одиночных, сопряженных, параллельно-рукавных и пойменно-руслowych разветвлениях в многоводные годы основной поток сосредоточится в относительно более прямолинейных или расположенных вдоль коренного берега рукавах. Увеличение скоростей смещения перекатов и их побочней, перекрывающих заходы в рукава, вызовет сокращение длительности периодов перераспределения расходов воды между рукавами разветвлений, особенно, если повышение водности произойдет за счет увеличения расходов воды половодья. На участках относительно прямолинейного неразветвленного русла и относительно прямолинейного русла с разветвлениями второго порядка ожидается спрямление динамической оси потока за счет формирования побочневых протоков в тыловых частях побочней. Переформирования излучин проявятся в активизации их продольного смещения за счет размыва вогнутых берегов в их нижних крыльях.

Наступление *маловодного периода* проявится в сокращении водности до первых процентов от общего расхода реки вплоть до полного обмеления пойменных протоков и вторых основных рукавов пойменно-руслowych разветвлений. Понижение водности сведет к минимуму число случаев спрямления излучин, особенно на стадии развитой и крутой. Таким образом, сократится вероятность развития разветвленно-извилистого русла и некоторых пойменно-руслowych разветвлений в меандрирующем русле. Вычегды из-за сокращения водности спрямляющих протоков. Повсеместно будет наблюдаться объединение небольших островов и дальнейшее присоединение их к пойменным массивам, в частности, при обмелении второстепенных рукавов односторонних и чередующихся односторонних разветвлений. Процесс зарастания осередков и побочней в маловодный период будет наблюдаться на реках повсеместно, в наибольшей степени это проявится в русле Мезени. Увеличится продолжительность периодов перераспределения расходов воды по рукавам вследствие снижения скоростей смещения перекатов и побочней; в одиночных разветвлениях в маловодные годы основной поток будет располагаться в относительно более извилистых рукавах. Деформации излучин русла и рукавов

пойменно-руслых разветвлений, а также разветвленно-извилистого русла будут проявляться за счет размывов вогнутых берегов в их вершинах, а также развития вторичных извилин на их крыльях. С наступлением маловодного периода на участках относительно прямолинейного русла Мезени и нижней Вычегды ожидается увеличение извилистости динамической оси потока вследствие обтекания потоком побочной перекатов.

Возможные пути трансформации русла, сопровождающейся сменой морфодинамического типа русла, при понижении или повышении водности реки показаны стрелками на QI -диаграмме (рис. 7). При повышении водности на реках региона ожидается изменение морфологии русла в сторону ее усложнения, при понижении водности – напротив, произойдет упрощение морфологии русла.

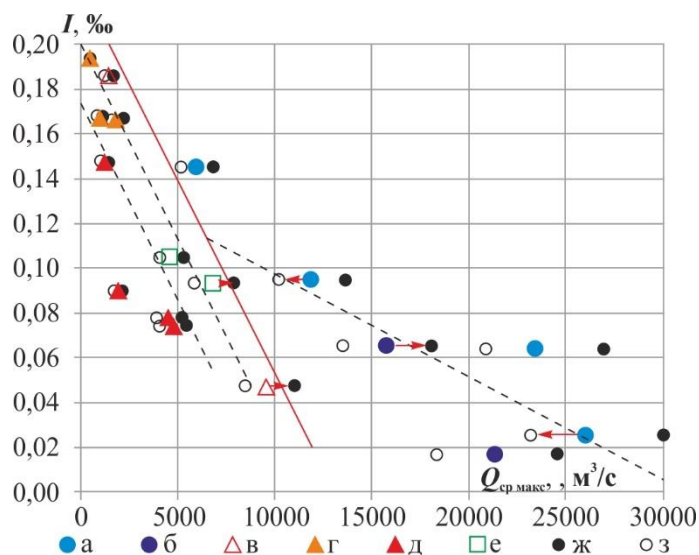


Рисунок 7 – QI -диаграмма для больших рек Севера ЕТР: а – сложные разветвления (параллельно-рукавные, пойменно-руслые), б – одиночные и односторонние разветвления; излучины: в – врезанные, г – петлеобразные и прорванные, д – сегментные пологие; е – относительно прямолинейное неразветвленное русло; ж – положение точек при увеличении водности; з – положение точек при уменьшении водности

По полученным гидролого-морфологическим зависимостям для разветвленных русел можно оценить изменение ширины рукавов $b_{рукф}$ (табл. 6) и относительной ширины островов B_o/b_p (табл. 7) разветвлений при повышении или понижении водности, приняв допущение, что изменение водности основных рукавов произойдет пропорционально. При этом не учитывается перераспределение расходов воды между рукавами в ходе переформирования русла.

Значительное изменение ширины произойдет в главных рукавах всех типов разветвлений. Сокращение водности приведет к большему изменению ширины рукавов, чем ее увеличение. Наибольшее увеличение ширины ожидается в главных рукавах односторонних разветвлений, ширина которых в некоторых случаях изменится почти в 2 раза при незначительных изменениях ширины второстепенных рукавов. Увеличение ширины главных рукавов одиночных, пойменно-руслowych и сопряженных разветвлений составит от 17 до 27%, уменьшение – 28-37%, при этом ширина вторых основных рукавов одиночных и пойменно-руслowych разветвлений изменится лишь на 6-14%, а изменения ширины вторых основных рукавов пойменно-руслowych разветвлений вообще не произойдет. Наименьшими величинами изменений ширины рукавов характеризуются параллельно-рукавные разветвления. При увеличении их водности произойдет примерно одинаковое увеличение ширины основных рукавов, при уменьшении – ширина главных рукавов сократится сильнее.

Таблица 6 – Относительное увеличение (уменьшение) $b_{рукф}$ в зависимости от изменения водности

Изменение водности	Увеличение водности		Уменьшение водности	
Тип разветвления / Статус рукава	Главные	Вторые (второстепенные)	Главные	Вторые (второстепенные)
Параллельно-рукавные	13-19%	7-14%	23-28%	6-13%
Одиночные	17-20%	10-14%	28-32%	10-13%
Пойменно-руслowe	18-23%	0-1%	30-37%	0-1%
Сопряженные	23-27%	8-11%	33-37%	6-8%
Односторонние	45-80%	3-5%	60-86%	2-4%

Увеличение и уменьшение относительной ширины островов разветвлений B_o/b_p (табл. 7) при изменениях водности будет сопоставимо. В наименьшей степени величина этого параметра изменится в пойменно-руслowych разветвлениях разветвленного русла (первые проценты), т.е. рост острова в ширину будет происходить практически пропорционально увеличению ширины русла в узле разветвления и наоборот. В пойменно-руслowych разветвлениях извилистого русла B_o/b_p претерпит значительные изменения (до 80%). Это значит, что ширина островов будет увеличиваться (или уменьшаться) значительно больше, чем ширина русла в узле разветвления. Для остальных типов разветвлений изменение B_o/b_p будет находиться в диапазоне от 20 до 60%.

Таблица 7 – Относительное увеличение (уменьшение) B_0/b_p в зависимости от изменения водности

Тип разветвления	Изменение водности	
	Увеличение водности	Уменьшение водности
Пойменно-русловые (разветвленное русло)	4-7%	4-6%
Сопряженные	19-27%	14-20%
Параллельно-рукавные	20-30%	18-28%
Одиночные (2-го порядка в относительно прямолинейном русле)	20-48%	19-44%
Односторонние	20-53%	19-50%
Одиночные (разветвленное русло)	23-60%	21-56%
Пойменно-русловые (извилистое русло)	44-79%	41-74%

В заключении сформулированы основные **выводы**:

1. Впервые для больших рек Севера ЕТР выполнен сравнительный анализ русловых процессов и условий формирования русел, установлены гидролого-морфологические зависимости, дана оценка их изменений в прошлом, современное состояние и возможные изменения в будущем вследствие саморазвития русловых форм и переформирований при изменениях (повышении/понижении) водности рек. Для р. Печоры характеристика руслового режима является пионерной. Показано, что, за исключением р. Вычегды, на больших реках Севера абсолютно преобладают разветвленные русла.

2. Разветвленные русла на реках региона представлены практически всеми морфодинамическими типами, встречающимися на равнинных реках. Широко распространены наиболее сложные их разновидности – параллельно-рукавные (на р. Мезени преобладают), пойменно-русловые, сопряженные. Выявлены различия между пойменно-русловыми разветвлениями в разветвленном (Северная Двина, Печора) и извилистом (Вычегда) русле. Выделены не упоминавшиеся ранее в классификациях двусторонние и прибрежные разветвления. Последние не образуют морфологически однородные участки, но встречаются повсеместно в выбоинах берегов, возле больших островов, между звеньями сопряженных разветвлений. Относительно прямолинейное русло в основном располагается вдоль коренного берега и осложнено разветвлениями второго порядка. Наименее распространены излучины (преобладают на Вычегде, встречаясь в виде отдельных форм на других реках); нередко они представляют собой разветленно-извилистое русло

(шпоры излучин образованы группами островов) либо осложнены разветвлениями второго порядка. Среди излучин впервые выделены «обтекающие» излучины.

3. Впервые установленные гидролого-морфологические зависимости для разветвленных русел общие для больших рек Севера ЕТР. Зависимости дифференцируются по разветвлениям разного морфодинамического типа, отражая тенденцию их усложнения от одиночных разветвлений к параллельно-рукавным. Связи ширины рукавов $b_{рукф}$ с их водностью при прохождении руслоформирующего расхода воды определяются типом разветвления и статусом рукава (главный, второй основной, второстепенный). Относительная ширина островов B_o/b_p изменяется в зависимости от удельного расхода воды неодинаково для разных морфодинамических типов разветвлений, отражая различия в условиях формирования разветвлений одного и того же морфодинамического типа (пойменно-русовых, одиночных). Зависимости основных параметров излучин рукавов (r, L) дифференцируются по типам разветвлений и рекам. С ростом водности реки вниз по течению и увеличением размеров (водности, ширины) рукавов и островов разветвлений соотношение морфометрических параметров островов (L_o/B_o) для каждого морфодинамического типа разветвлений и реки остается неизменным. Достигая предельных значений L_o/B_o отдельные острова объединяются в более крупные островные массивы, либо частично размываются, сохраняя при этом оптимальную для данной реки форму. Разброс величин L_o/B_o отражает разнообразие типов разветвлений на реках региона: наибольший – на Печоре и Северной Двине, наименьший – на Мезени и Вычегде.

4. Ретроспективный анализ позволил выявить общие закономерности переформирования русел, установить влияние на трансформацию русел многолетних колебаний водности и антропогенного фактора (Северная Двина, Вычегда), который, однако, не нарушает общей направленности переформирования, а лишь ускоряет или замедляет их. Показано, что при повышении водности происходила направленная трансформация русла вплоть

до смены морфодинамического типа в сторону его усложнения (укрупнение звеньев системы сопряженных разветвлений на Печоре). В продолжительные многоводные периоды отмечены наиболее существенные деформации русла (спрямление серии излучин и формирование вместо них разветвлений и прямолинейного неразветвленного русла на Северной Двине, трансформация сопряженных разветвлений в параллельно-рукавные на Печоре). Влияние антропогенного фактора на фоне периодов повышенной водности проявилось в упрощении морфологии русла путем искусственного закрепления определенного положения основного потока в одном рукаве или системе рукавов (сопряженные → одиночные → односторонние разветвления на Северной Двине; одиночные и односторонние разветвления → относительно прямолинейное русло на Вычегде). Увеличение разветвленности русла может происходить как в многоводные (при активизации пойменных протоков и отчленении частей пойменных массивов), так и в маловодные (при зарастании осередков и превращении их в острова) периоды.

5. Разработаны оценки возможных переформирований русел в будущем при изменениях водности. Ожидаемые трансформации русел подтверждаются изменением положения в поле *QI*-диаграммы точек, соответствующих тому или иному морфодинамическому типу русла (извилистые – относительно прямолинейные – разветвленные) в пределах морфологически однородных участков.

6. По гидролого-морфологическим зависимостям установлены величины изменения параметров разветвлений при повышении или понижении водности (в зависимости от выбранного сценария изменений).

РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных журналах, включенных в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций:

1. Михайлова Н.М., *Львовская Е.А.* Количественная оценка сезонных переформирований перекатов (на примере Северной Двины) // География и природные ресурсы. – 2013. – № 3. – С. 139–142.

2. **Львовская Е.А.**, Чалов Р.С. Методические аспекты прогнозирования русловых процессов при изменении водности рек // Геоморфология. – 2013. – № 3. – С. 78–88.
3. **Львовская Е.А.**, Чалов Р.С., Рулева С.Н. Гидролого-морфологический анализ разветвленного русла р. Печора // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2015. – № 1. – С. 78–86.

Публикации в других журналах и сборниках:

4. **Львовская Е.А.** Условия формирования русел разных типов на реках Севера Европейской территории России // Общие и методические проблемы эрозии и русловедения. – М.: «Планета», 2012. – С. 189–196.
5. **Львовская Е.А.** Сравнительный анализ разветвленных русел рек Севера Европейской территории России // Эрозионные и русловые процессы и современные методы их исследования. Материалы X семинара молодых учёных вузов, объединяемых советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Белгород: ЛитКараВан, 2014. – С. 121–126.
6. **Львовская Е.А.** Естественные изменения водных ресурсов и их влияние на русловые процессы рек Севера ЕТР // Региональные проблемы водопользования в изменяющихся климатических условиях. Междунар. науч.-пркт. конф. – Уфа: Аэтерна, 2014. – С. 47–52.
7. Чалов Р.С., **Львовская Е.А.**, Рулева С.Н., Завадский А.С Морфодинамика русла р. Печоры (от г. Печоры до устья на фоне его характеристики по всей длине) // Эрозия почв и русловые процессы. – М.: Географ. ф-т МГУ, 2015. – Вып. 19. – С. 211–236.
8. **Львовская Е.А.** Гидролого-морфологический анализ разветвленных русел рек Севера Европейской территории России // Маккавеевские чтения – 2014. – М.: Географический факультет МГУ, 2015. – С. 63–74.

Тезисы докладов на конференциях:

9. **Львовская Е.А.** Сезонные деформации перекатов р. Северной Двины и их связь с условиями формирования // Материалы Международного

- молодежного научного форума «Ломоносов-2011». [Электронный ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2011.
10. **Львовская Е.А.** Сравнительная характеристика русел рек Севера ЕТР в зависимости от условий их формирования // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2012». [Электронный ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2012.
 11. **Львовская Е.А.** Морфодинамические типы разветвленных русел на реках Севера ЕТР и их гидролого-морфологический анализ // Двадцать седьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (г. Ижевск, 8-12 октября 2012 г.). Доклады и краткие сообщения. – Ижевск: Удмуртский университет, 2012. – С. 148–149.
 12. **Львовская Е.А.** Гидролого-морфологический анализ разветвленных русел рек Севера ЕТР // Материалы международной конференции молодых ученых «Ломоносов-2013». [Электронный ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2013.
 13. **Львовская Е.А.** Типы русла нижней Печоры и особенности их переформирования // Вопросы гидрологии, геоэкологии и охраны водных объектов: материалы межрегион. науч.-практ. конф. студ., магистров и аспирантов (10-12 ноября 2014 г.). – Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т., 2014. – С. 78–83.
 14. **Львовская Е.А.** Переформирования русел рек Севера Европейской территории России и определяющие их факторы // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2015». [Электронный ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2015.

