МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА И.Г. ПЕТРОВСКОГО»
(БГУ)

УДК 556.16
№ госрегистрации 114122540043
Инв. № 215021170029

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научно-исследовательской работе и международным связям
_____ Т.А. Степченко
«1» декабря 2014 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:

ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ СТОКА КРУПНЫХ РЕК БАССЕЙНОВ ВОЛГИ И ДНЕПРА В XXI ВЕКЕ: ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ, ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, ВЕДУЩИЕ ФАКТОРЫ

(Базовая часть государственного задания Проект № 1591)

(промежуточный)

СОГЛАСОВАНО:
Директор НИИ фундаментальных
и прикладных исследований
_____/С.И. Михальченко/
(подпись, дата) 12.12.14.

Руководитель темы
к. г. н., доцент
_____/Г.В. Лобанов/
(подпись, дата) 12.12.2014г

Брянск 14

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы:

Кандидат географических наук, доцент (введение, разделы 3,4,5, заключение)	_____ подпись, дата 12.12.14г.	Г.В. Лобанов

Исполнители темы:

Лаборант-исследователь (раздел 1,2)	_____ подпись, дата 12.12.14	М.В. Коханько
Лаборант-исследователь (раздел 1,2)	_____ подпись, дата 12.12.14г.	А.Ю. Зверева
Нормоконтролер	_____ 12.12.14	А.А.Подвойская

Реферат

Отчёт 37 с., 1 ч, 3 рис., 9 табл., 11 источников.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СТОКА РЕК, ТИПЫ ИЗЛУЧИН, ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ, БАССЕЙН ВОЛГИ И ДНЕПРА.

Установлены общие закономерности динамики стока рек бассейна верхнего Днепра в XX веке – циклические изменения с тенденцией к увеличению объема. Выявлено неоднозначное влияние сток формирующих факторов на колебания его характеристик. Статистически определены и теоретически обоснованы особенности связи многолетних колебаний климата и стока: обратная зависимость изменчивости характеристик стока от порядка реки, согласованные тенденции изменения в речных системах. Рассмотрены особенности изменений стока в зависимости от ландшафтной структуры водосборных бассейнов (сочетания ландшафтов разных типов, лесистости территории). Установлена обратная, хотя и неустойчивая зависимость, динамики характеристик стока от лесистости водосборных территорий. Выполнен сравнительный анализ динамики стока в бассейнах с разными геолого-геоморфологическими условиями - средними и преобладающими уклонами поверхности, литологическим строением до глубины эрозионного вреза, наличием и устойчивостью источников подземного питания. Обоснована сложная зависимость колебаний стока от расчленённости рельефа и преобладающего уклона поверхности, показаны сглаженные изменения его характеристик на небольших реках с глубокими долинами, вскрывающими горизонты грунтовых вод.

Разработана методика оценки динамики стока за пределами периода гидрологических наблюдений по изменениям морфодинамических особенностей русла на разновременных картографических материалах. Учитываются изменения соотношения длины отрезков морфодинамических типов русла; количества и соотношения разных типов русловых форм, в частности излучин меандрирующего русла в границах пойменно-русловых

комплексов (ПРК). ПРК рассматриваются как морфодинамически однородные, относительно обособленные отрезки течения Определена тенденция увеличения количества и разнообразия типов излучин на реках бассейна верхнего Днепра в эпохи большей водности.

Обоснованы варианты прогноза динамики характеристик стока в случаях возрастания, сокращения и стабильности количества осадков при разных сочетаниях сток формирующих факторов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 6

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ:

1. Характеристика условий стока верхнего Поднепровья 9
2. Общие закономерности изменения гидрологических характеристик 14
3. Пространственные различия гидрологических характеристик рек и водосборных бассейнов 18
4. Факторы, определяющие многолетнюю динамику стока 25
5. Ретроспективный анализ динамики стока 31

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 35

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 36

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозы динамики стока представляют необходимый элемент моделирования состояния природных и природно-технических систем, связанных с использованием водных ресурсов, ландшафтов приречных территорий. Изменения водности влияют на технические и экономические условия функционирования хозяйственных объектов и комплексов, потенциальные затраты на защиту от опасных гидрологических процессов, степень комфортности жизни и, наконец здоровье и благосостояние населения. Востребованность прогнозов в разных сферах общественной и экономической жизни определяет научную актуальность и социальную значимость развития методик их построения. Прогнозирование стока рассматривается во многих публикациях как междисциплинарная задача, удовлетворительное решение которой предполагает учёт большого количества значимых факторов, сложность и неоднозначность их взаимодействия. Общие механизмы влияния отдельных факторов и процессов на сток рек хорошо изучены, обоснованы фактически и теоретически и составляют основу прогнозирования водности рек. Менее разработаны подходы к прогнозированию стока на региональном уровне, с учётом особенностей условий стока. Предельно простое решение - строить прогноз на экстраполяции тенденций изменений стока оказывается не всегда удачным. Ограниченность рядов гидрологических наблюдений, непериодическая ритмика условий стока приводит к существенному расхождению его ожидаемых и реальных значений. Одним из перспективных инструментов прогнозирования считается географически обоснованная экстраполяция современных изменений стока. Суть метода - в поиске и теоретическом обосновании соотношения поступательных, ритмических и случайных изменений гидрологических характеристик на уровне участков течения, отдельных рек, водосборных бассейнов разного порядка; определении набора факторов, обеспечивающих синхронную динамику

стока. Значимость систематизации сведений о пространственном разнообразии направлений динамики, асинхронности изменений гидрологических характеристик даже в границах сравнительно небольших водосборных территорий, неодинаковое влияние сочетаний факторов рассматривается как актуальная проблема прогнозирования стока (Laize C. et al, Hannah D., 2010; Lavers, Prudhomme, Hannah, 2010; Weiland et al, 2012).

Основу прогнозов составляют систематизированные сведения о распределении особенностей динамики стока, позволяющие оценить принципиальную возможность и границы распространения данных, полученных на гидрологических постах на другие реки и отрезки течения. В локальной динамике проявляются общие для крупных регионов тенденции изменения факторов стока и локальные особенности, обусловленные различиями природных условий водосборной территории. Выявление причин различий позволяет выделить наиболее значимые факторы стока и учесть возможное будущее влияние их изменений на современные тенденции динамики гидрологических характеристик. Локальные особенности водосборных бассейнов проявляются, прежде всего, в различиях продолжительности и амплитуды краткосрочных колебаний стока, связанных с размерами водотока, особенностями колебаний климата на макро- и мезо уровне и соотношении источников питания. Асинхронность изменений стока рек бассейнов с разной ландшафтной структурой и геолого-геоморфологическим строением подтверждается невысокой корреляцией гидрологических характеристик.

Перечень основных задач, решение которых обеспечивает прогнозирование многолетней динамики стока, включает определение:

1. Общих тенденций изменения гидрологических характеристик – среднегодовых, среднемесячных значений, особенностей фаз гидрологического режима;

2. Корреляция динамики гидрологических характеристик участков течения, рек разных порядков в сходных ландшафтных условиях, рек одинаковых порядков в сходных ландшафтных условиях;

3. Оценка влияния условий стока, прежде всего лесистости водосборных территорий и колебаний климата на особенности динамики гидрологических характеристик.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Характеристика условий стока верхнего Поднепровья

Исходные материалы исследования представлены сведениями о среднемесячных и среднегодовых расходах воды по 28 гидропостам в бассейне верхнего Днепра. Сроки наблюдений различается от первых десятилетий до более 100 лет на крупных реках. Выбор территории обусловлен разнообразием условий стока водосборных территорий.

Левобережная часть бассейна верхнего Днепра представляет полигенетическую равнину с преобладающими высотами междуречий 150-200 м, небольшими уклонами поверхности, невысокой вертикальной расчленённостью, сложным и частым чередованием различных по генезису и геологическому строению участков.

Территория относится к атлантико-континентальной области умеренного пояса. Большая часть - к зоне смешанных лесов, восточная и юго-восточная - к лесостепной и степной зоне (бассейны Сейма, Остера). Общие черты климата верхнего Поднепровья определяются западным переносом воздуха и циклонической активностью в течение всего года. Значительный приток тепла и влаги извне определяет зависимость характеристик климата от интенсивности западного переноса, его высокую сезонную и многолетнюю изменчивость. В большом числе случаев климатические характеристики изменяются асинхронно, причём не только абсолютные значения, но и направление градиента в пространстве. Динамика климата обусловлена чередованием схем циркуляции атмосферы и соответственно соотношением количества циклонов и антициклонов, их глубины, преобладающими направлениями перемещения. Внутренние различия климата связаны с неодинаковым распределением солнечной радиации, особенностями циркуляции, строением рельефа и ландшафтной структурой. Значения общих характеристик климата и особенности различий внутри региона сильно зависит от периода осреднения.

Среднее многолетнее значение модуля стока уменьшается к югу от 6,0-6,5 л×с/км2 (бассейны Остера, верхней Десны, её левобережных притоков) до 2 л×с/км2 в нижнем течении Десны. В нижней части бассейна Сожа, бассейне Сейма величина показателя составляет 3,5-4,0 л×с/км2. Невысокие значения модуля стока определяют широкое распространение относительно прямолинейного русла с плохо выраженными формами на реках южной части Поднепровья – верхнем течении Сейма, Остере (приток Десны), Снове при относительно невысоком значении сопротивления размыву грунтов ПРК – аллювиальных песков, супесей, легких суглинков. В северной части Поднепровья – верхнем течении Десны, Остера, Сожа, Болвы распространены ПРК, сегментных крутых и пологих сегментных излучин при высокой прочности руслоформирующих грунтов – морены или плотных аллювиальных суглинков.

Среднегодовые значения расхода в средние по водности годы отличаются от многоводных лет в 1,3-2,2 раза. И превышают маловодные в 1,6-2,4 раза. Изменчивость (коэффициенты вариации) годового стока увеличиваются от северо-восточной к юго-западной части региона от 0,2 до 0,6.

Внутригодовое распределение стока резко неравномерно - на период весеннего половодья в годы средней водности приходится 60-75% стока. Сток половодья для малых и средних рек, как правило, является руслоформирующим, его многолетняя динамика как правило определяет интенсивность и направление горизонтальных деформаций русла. Средняя многолетняя доля стока половодья зависит от факторов, определяющих соотношение источников питания – климатических условий в конце зимы (запасы воды в снеге, температура почвы, определяющая возможность просачивания талой воды), модуля подземного стока, особенностей сезонного распределения осадков. Для крупных рек с разными условиями стока на водосборных территориях, что особенно характерно для верхнего Поднепровья, расположенного на стыке лесной и лесостепной зоны,

характеристики половодья определяется кроме того особенностями его прохождения на притоках. Синхронное прохождение волны паводка на притоках определяет очень высокий уровень половодья на крупных реках. Распределение значений показателя внутри региона и его динамика во времени зависит в основном от локальных особенностей соотношения факторов стока. Распределение стока по гидрологическим сезонам зависит от общего объема стока, но сохраняется в годы с разной водностью. При средней водности на крупных и средних реках верхнего Поднепровья доля стока половодья составляет - 60-65%, на малых реках и на верхних участках течения крупных рек 65-70% (в отдельных случаях – 70-75%). В многоводные годы на верхней и средней Десне и её притоках доля стока половодья уменьшается на 2-5%, максимально на 12,5% (р. Сев) за счёт увеличения стока в зимнюю и летнюю межень. В маловодные годы доля стока половодья на реках бассейна верхней и средней Десны увеличивается на 2-3%, более существенно на малых и средних реках - на 3-5%. В бассейне верхнего Сейма и его притоков соотношение изменяется аналогично. На отдельных водосборных территориях - бассейне р. Ветьма, нижнем Посеймье, левобережье Десны в нижнем течении (Эсмань, Клевень) доля стока половодья уменьшается, доля зимней межени сток которой обеспечен преимущественно подземными водами возрастает. В бассейне Сожа доля стока половодья и зимней межени уменьшается. Особенности распределения динамики связаны с разными причинами маловодья – в северной части бассейна сток уменьшают зимние оттепели, в южной – меньшее количество осадков. В исключительно маловодные годы доля стока половодья, в сравнении с условиями средней водности, в среднем течении Десны (ниже Брянска), её притоков на этом отрезке, малых и средних реках бассейна Сейма (Рать, Свапа, Тускарь, Усожа) преимущественно увеличивается. В верхнем течении Десны (до Брянска), большей части бассейна Сейма, Сожа – доля стока половодья уменьшается при возрастании значения стока зимней межени. Исключительно маловодные годы обусловлены как правило

небольшим количеством осадков. Малые колебания доли стока половодья характеризуют большую многолетнюю изменчивость руслоформирующих расходов. Максимальные расходы воды отличаются от средних в десятки раз, на крупных реках и реках с большой лесистостью бассейнов – в 40-50 раз; на малых реках с безлесными или малолесными водосборами в 70-90 раз. Продолжительность половодья составляет 50-60 дней, начало приходится на последнюю декаду марта, окончание на вторую декаду мая. На малых реках продолжительность половодья составляет 35-40 дней, на крупных -80-90 дней. Пойма освобождается от паводка позднее – в начале-середине июня, в зависимости от рельефа и относительной высоты. Максимальные расходы приходятся в годы со средней водностью на первую декаду апреля, в многоводные годы проходят в конце апреля, в маловодные в конце марта.

Дождевые паводки связаны с ливневыми дождями высокой интенсивности (в июне-июле) и продолжительности (в июне и октябре-ноябре). Доля в июне стока от годового в годы со средней водностью составляет 4-6%, в октябре-ноябре -5-6% в южной части Поднепровья, 2,5-3,5% в северной части и несколько увеличивается в как в маловодные, так и многоводные годы Расходы дождевых паводков зависят от слоя осадков и уклона поверхности водосборов. На малых реках расходы дождевых паводков составляют от 5-10% до 25-35 % от максимальных значений в половодье в зависимости от средних уклонов поверхности бассейнов. Лучшие условия формирования паводков формируются в бассейне средней Десны. Где больше количество осадков сочетается с высокими уклонами поверхности. В отдельные годы на реках проходят зимние паводки, вызванные сильными оттепелями, снеготаянием и возможно, вскрытием рек от льда. Летняя межень продолжается с июня (реже мая) по ноябрь, её длительность в зависимости от условий грунтового и дождевого питания рек изменяется в пределах от 125 дней до 180 дней (бассейн Сейма). Зимняя межень продолжается с декабря по март, в течении 70-120 дней (в среднем 90-105). Продолжительность летней и зимней межени слабо связана

статистически. Продолжительная или короткая и летняя и зимняя межень совпадает только для отдельных малых рек бассейнов Десны и Сейма.

Ледовые явления (забереги, шуга) начинаются на крупных и средних реках во второй-третьей декаде ноября, ледостав завершается в начале декабря, вскрытие рек происходит в середине марта-начале апреля, весенние ледовые явления заканчиваются в первой декаде апреля (Рыбальский, ресурсы поверхностных вод).

2. Общие закономерности изменения гидрологических характеристик

В динамике гидрологических характеристик прослеживается влияние поступательных изменений и ритмов продолжительностью 3-5, 10-20 и 40-50 лет, не выдержанных по продолжительности и амплитуде (Афанасьев). Более продолжительные интервалы с плавными отклонениями характеристик стока от среднемноголетних значений чередуются с колебаниями большой амплитуды и малой продолжительности. Выводы основаны на анализе данных гидропостов с наиболее продолжительным сроком наблюдений (рисунок 1). В последней четверти XX века поступательная составляющая преобладает над ритмической – среднемноголетние значения стока устойчиво увеличиваются. Динамику определяет увеличение количества осадков и повышение доли поверхностного стока в расходной части водного баланса.

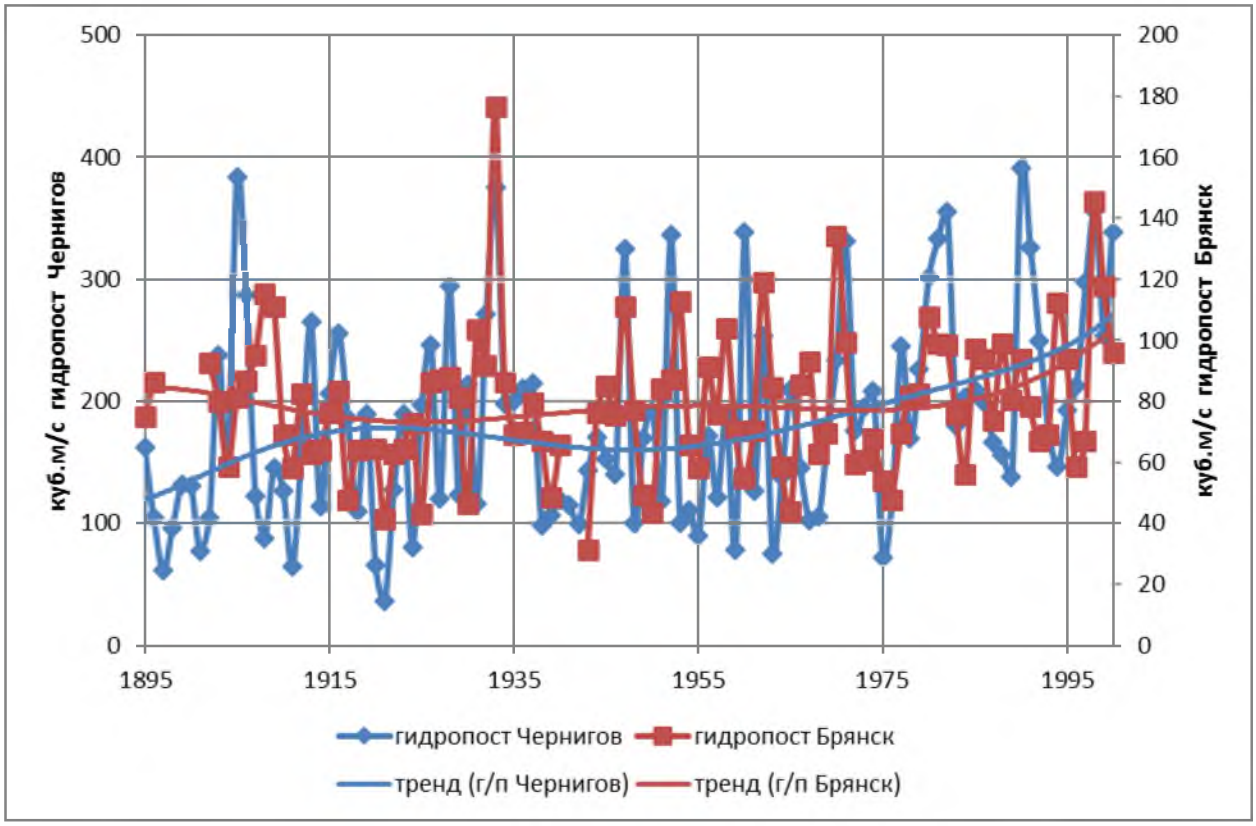

Рисунок – 1 Изменения среднегодовых расходов по г/п Брянск и Чернигов в XX веке

Действие факторов, увеличивающих сток приводит к его увеличению в большую часть года. В таблице 1 систематизированы сведения об изменении среднемесячных значений стока для рек, различающихся порядком, водностью, ландшафтной структурой водосборных территорий во 2-=ой половине XX века. Повсеместное проявление подтверждает устойчивость тенденции. Преобладающее значение имеет по-видимому долгосрочные изменения ландшафтной структуры водосборной территории – уменьшение площади спелых древостоев, увеличение доли пашни. Динамика осадков неоднозначна – их количество уменьшается, увеличивается или существенно не изменяется в зависимости от части бассейна.

Таблица 1

Направление изменений среднемесячных значений стока рек бассейна верхнего Днепра во 2-ой половине XX века

Реки (гидропосты)	месяцы года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Десна (Чернигов)	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Снов (Носовка)	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Ипуть (Ушерпье)	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Десна (Брянск)	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Судость (Погар)	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Сев (Новоямское)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Коста (Глазово)	+	н/д	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Навля (Навля)	+	+	+	-	+	+		0	+	+	+	+
Болва (Псурь)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Унеча (Лопатни)	н/д	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание. Направления изменения стока (линейная аппроксимация): + увеличение; - снижение, 0 – без существенных изменений; н/д – данные недостоверны

Заметное уменьшение стока в апреле для большинства гидропостов связано с перераспределением стока между фазами водного режима. Суть изменений - уменьшение стока в половодье, максимум которого приходится обычно на апрель, и увеличение его в меженный период, прежде всего в зимнюю межень. Повышение средней температуры зимы, увеличение частоты и продолжительности оттепелей определяет рост стока в зимние месяцы, уменьшение стока половодья и смещение среднемноголетних минимальных значений на летнюю межень. Сравнение данных более чем 100-летних наблюдений по гидропостам Брянск и Чернигов показывает достоверное уменьшение случаев минимальных значений стока, приходящихся на зимние месяцы, во 2-ой половине XX века. Тенденция более заметна для северной части территории (гидропост Брянск); для водосборного бассейна нижней Десны (гидропост Чернигов) тёплые зимы с продолжительными оттепелями были характерны и в первой половине XX века – изменения оказались менее значительными. Соответственно изменяются среднемесячные максимальные и максимальные значения расходов. Первые преимущественно снижаются до рубежа XX-XXI века (рисунок 2), вторые – напротив устойчиво увеличиваются (рисунок 3).

Рисунок - 2. Изменение максимальных среднемесячных расходов по г/п Брянск и Чернигов в XX веке

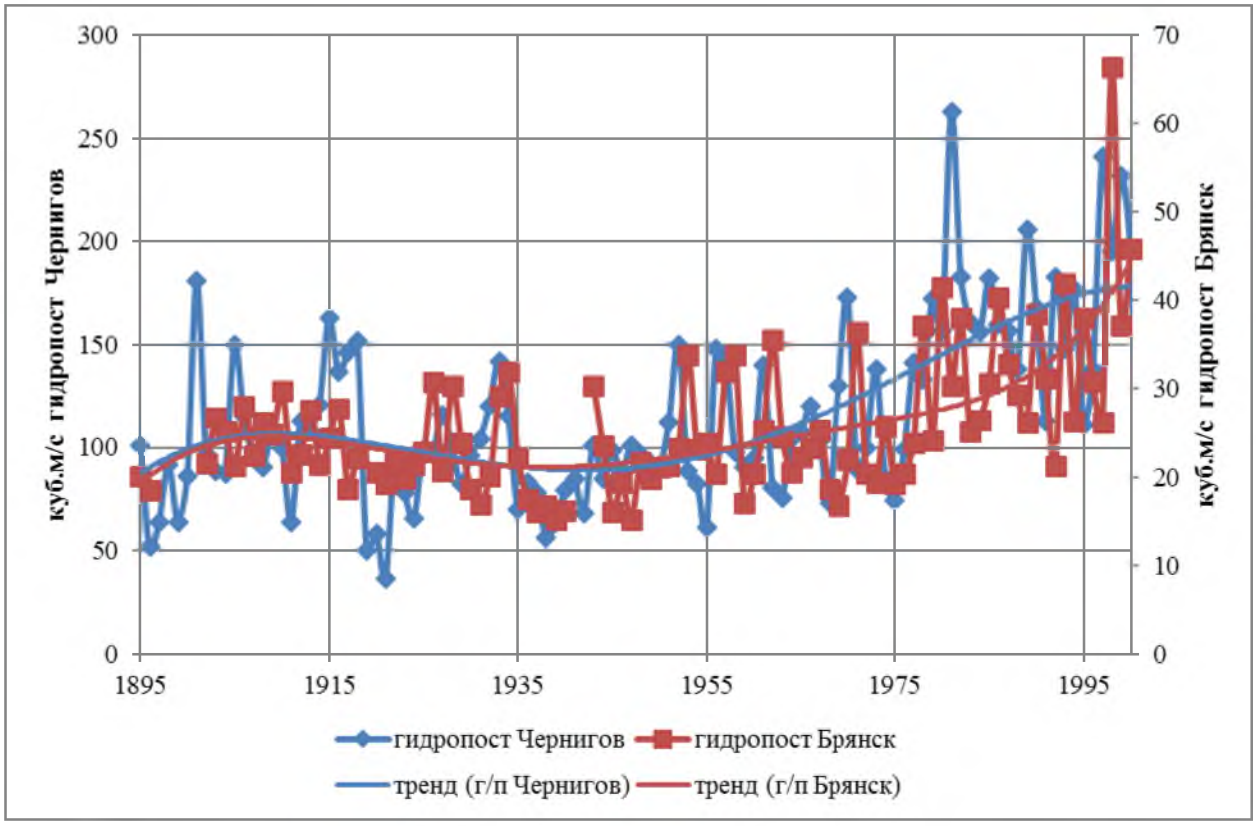

Рисунок - 3. Изменение и минимальных среднемесячных расходов по г/п Брянск и Чернигов в XX веке

3. Пространственные различия гидрологических характеристик рек и водосборных бассейнов

Согласованность изменений стока в бассейне верхнего Днепра зависит сходства мезоклиматических, ландшафтных, геолого-геоморфологических особенностей водосборных бассейнов, их площади, которая в данном случае характеризует разнообразие условий стока. В гидрографе крупных рек сглаживаются особенности стока с частей бассейна, различающихся природными условиями. Корреляция характеристик стока главной реки и притока часто является хотя и весьма существенной, но не сильной; нередко сходны гидрографы рек разных водосборных бассейнов в близких географических условиях. Соотношение коэффициентов корреляции многолетней динамики стока для крупных районов верхнего Поднепровья представлено в таблице 2 (А - Г). Районы совпадают с крупными речными бассейнами или их частями, выделенными по отрезкам течения крупных рек.

Таблица 2

Соотношение коэффициентов корреляции среднегодовых расходов рек (по районам верхнего Поднепровья)

А (бассейн верхней Десны)

Река (гидропост)	Соотношение коэффициентов корреляции				
	Десна (Голубея)	Десна (Брянск)	Ветьма	Болва (Псурь)	Снежеть
Десна (Голубея)	1.00	0.12	0.15	0.00	0.25
Десна (Брянск)	0.12	1.00	0.67	-0.04	0.52
Ветьма (Круча)	0.15	0.67	1.00	0.08	0.74
Болва (Псурь)	0.00	-0.04	0.08	1.00	0.19
Снежеть (Карачев)	0.25	0.52	0.74	0.19	1.00

Б (бассейн средней Десны)

Река (гидропост)	Соотношение коэффициентов корреляции					
	Десна (Разлеты)	Судость (Погар)	Сев (Новоямское)	Навля (Навля)	Коста (Глазово)	Нерусса (Радогощ)

Десна (Разлеты)	1.00	0.89	0.80	0.24	0.92	0.73
Судость (Погар)	0.89	1.00	0.80	0.18	0.93	0.82
Сев (Новоямское)	0.80	0.80	1.00	0.17	0.70	0.77
Навля (Навля)	0.24	0.18	0.17	1.00	0.16	0.08
Коста (Глазово)	0.92	0.93	0.70	0.16	1.00	0.73
Нерусса (Радогощ)	0.73	0.82	0.77	0.08	0.73	1.00

Б (бассейн нижней Десны)

Река (гидропост)	Соотношение коэффициентов корреляции			
	Десна (Чернигов)	Сейм (Рыльск)	Сейм (Мутино)	Снов (Носовка)
Десна (Чернигов)	1.00	0.82	0.13	0.87
Сейм (Рыльск)	0.82	1.00	0.01	0.67
Сейм (Мутино)	0.13	0.01	1.00	0.13
Снов (Носовка)	0.87	0.67	0.13	1.00

Г (бассейн Сожа)

Река (гидро-пост)	Соотношение коэффициентов корреляции								
	Надва (Клет-ня)	Сож (Уско-сы)	Сож (Слав-город)	Сож Го-мель	Беседь (Крас-ная Гора)	Беседь (Све-тило-вичи)	Ипуть (Уще-рпье)	Унеча (Лопа-тни)	Беседь (Белы-нкови-чи)
Надва (Клетня)	1.00	-0.08	-0.15	0.61	0.30	0.51	0.79	0.29	0.65
Сож (Уско-сы)	-0.08	1.00	0.30	-0.05	-0.05	-0.13	-0.09	0.02	-0.12
Сож (Слав-город)	-0.15	0.30	1.00	0.16	0.35	0.29	0.18	0.18	0.22
Сож (Гомель)	0.61	-0.05	0.16	1.00	0.55	0.95	0.90	0.14	0.96
Беседь	0.30	-0.05	0.35	0.55	1.00	0.59	0.60	0.07	0.60

(Красная Гора)									
Беседь (Свети-ловичи)	0.51	-0.13	0.29	0.95	0.59	1.00	0.86	0.15	0.96
Ипуть (Уще-рпье)	0.79	-0.09	0.18	0.90	0.60	0.86	1.00	0.29	0.95
Унеча (Лопа-тни)	0.29	0.02	0.18	0.14	0.07	0.15	0.29	1.00	0.20
Беседь (Белын-ковичи)	0.65	-0.12	0.22	0.96	0.60	0.96	0.95	0.20	1.00

Изменения среднегодовых значений расхода в бассейне верхней Десны согласуется слабо, в том числе на разных участках течения одной реки. В отдельных случаях различия определяются условиями стока: ландшафтной структурой, в частности лесистостью и геолого-геоморфологическим строением водосборных территорий, в других – мезоклиматическими особенностями. Выше гидропоста Голубея (1 на рисунке 2) сток Десны формируется в основном на малолесных, возвышенных, хорошо освоенных территориях, ниже, до Брянска значительные площади левобережья заняты лесами на водноледниковых равнинах. Особенности условий стока, вероятно, объясняют слабую корреляцию расходов Десны на гидропостах 1 и 2 (Голубея и Брянск), изменения годового количества осадков, напротив, согласуются хорошо. Сходство особенностей климата определяет подобие динамики расходов на гидропостах Круча и Карачев (9 и 12 на рисунке 2), лесистость водосборных территорий которых существенно различается.

В бассейне средней Десны корреляция изменений проявляется сильнее, чем в верховьях. Водосборные территории заняты преимущественно сельскохозяйственными ландшафтами, леса встречаются фрагментарно. Существенно отличается динамика стока Навли, лесистость бассейна в верхнем и среднем течении которой невелика в сравнении с другими

водосборными территориями участка (бассейны Судости и Неруссы), а долина выше гидропоста сильно мелиорирована.

Нижнее течение примечательно высоким подобием динамики расходов на гидропостах Чернигов, Снов и Рыльск (4, 8 и 16 на рисунке 2) и весьма сильными отличиями на гидропосту Мутино – здесь сток формируется на лесистой местности. Корреляция хода осадков весьма слабая – относительно влажные и сухие годы чередуются в разных участках бассейна Нижней Десны асинхронно.

Бассейн Сожа отличается высокой корреляцией расходов на участках с близкими значениями лесистости и мезоклиматическими особенностями. Значения коэффициентов корреляции среднемноголетних расходов в нижнем течении рек Сож, Ипуть, Беседь превышает 0,9; лесистость водосборных территорий, выше замыкающих гидропостов составляет соответственно– 36%, 30%, 28%. Динамика стока Ипути и её притоков Надвы (лесистость 50%) и Унечи (лесистость 60%) соотносится неоднозначно; большее сходство (корреляция 0,79) отмечается между Ипутью и Надвой.

Подобие динамики стока рек, расположенных в разных районах, зависит от сходства природных условий и предыдущей динамики водного баланса бассейна. Как правило, согласованно изменяются расходы рек с похожими ландшафтными условиями водосборной территории – лесистостью, распаханностью, соотношением поверхностного и подземного стока (таблица 3 А - Г).

Цифрами на карте обозначены гидропосты: 1 – Голубея (Десна), 2 – Брянск (Десна), 3 – Разлеты (Десна), 4 – Чернигов (Десна), 5 - Белизна, 6 – Погар (Судость), 7 – Глазово (Коста), 8 – Носовка (Снов), 9 – Круча Ветьма), 10 – Псурь (Болва), 11 – Брянск (Болва), 12 – Карачев (Снежеть), 13 – Навля (Навля), 14 – Радогош (Нерусса), 15 – Новоямское (Сев), 16 – Рыльск (Сейм), 17 – Мутино (Сейм), 18 – Тускарь, 19 – Ускосы (Сож), 20 – Славгород (Сож), 21 – Гомель (Сож), 22 – Белынковичи (Беседь), 23 – Светиловичи (Беседь), 24

– Красная гора (Беседь), 25 – Ущерпье (Ипуть), 26 – Клетня (Надва), 27 – Лопатни (Унеча).

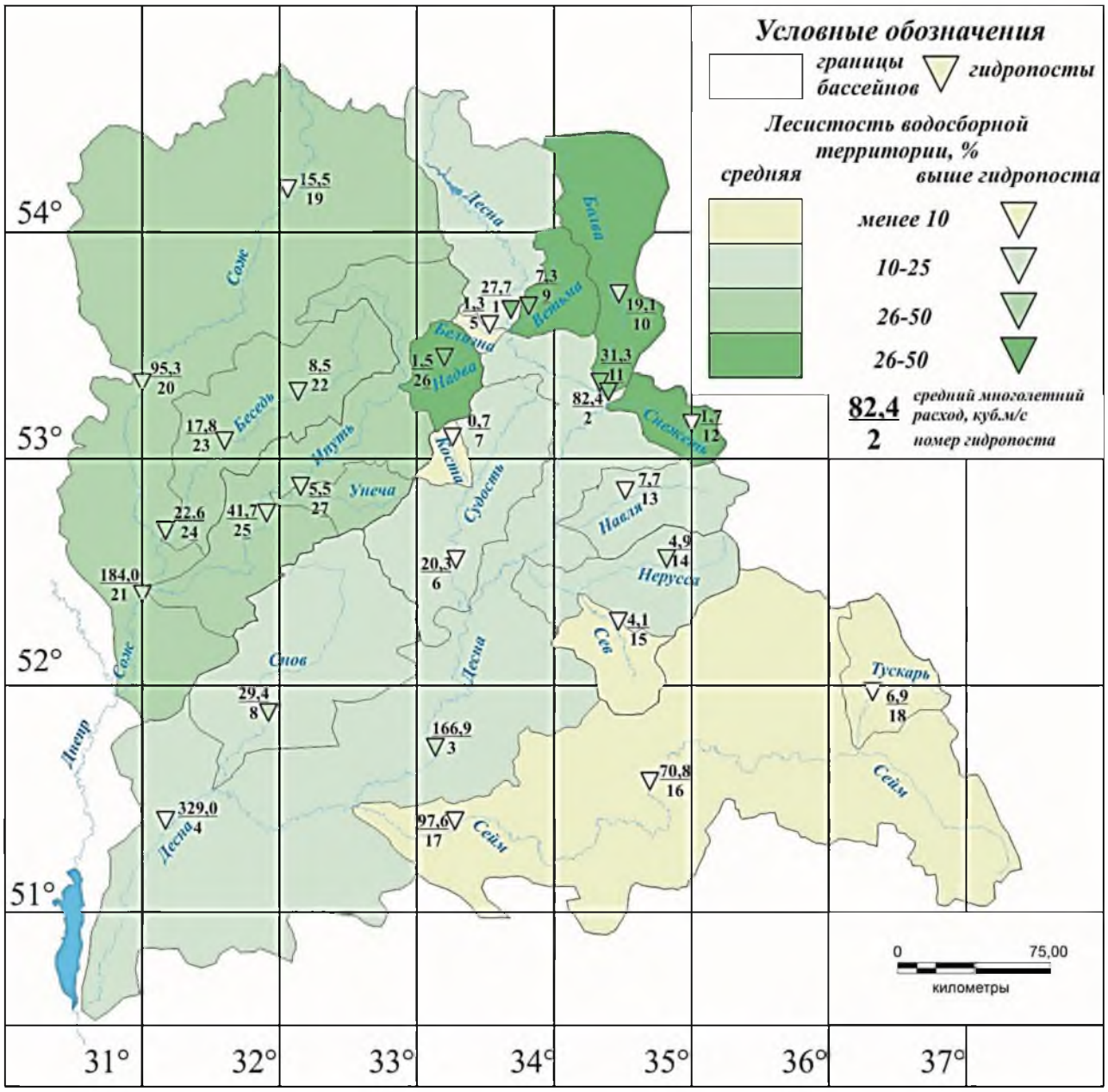

Рисунок – 2. Лесистость водосборных бассейнов и среднемноголетние расходы рек в бассейне верхнего Днепра во 2-ой половине XX

Таблица 3

Соотношение коэффициентов корреляции среднегодовых расходов рек (по размерам водосборной территории)

А Площадь водосборной территории менее 2500 км^2

(преимущественно малые реки)

Река (гидропост)	Соотношение коэффициентов корреляции						
	Ветьма (Круча)	Тускарь (Свобо-да)	Нерусса (Радогощ)	Сев (Ново-ямское)	Беседь (Белы-нкови-чи)	Навля (Навля)	Унеча (Лопа-тни)
Ветьма (Круча)	1.00	0.32	0,55	0,61	0,86	0.04	0.03
Тускарь (Свобода)	0.32	1.00	0,65	0.38	0,52	-0.14	0.28
Нерусса (Радогощ)	0,55	0,65	1.00	0,66	0,62	0.08	0.17
Сев (Новоям-ское)	0,61	0.38	0,66	1.00	0,57	0.18	0.25
Беседь (Белынкови чи)	0,86	0,52	0,62	0,57	1.00	-0.12	0.00
Навля (Навля)	0.04	-0.14	0.08	0.18	-0.12	1.00	0.09
Унеча (Лопатни)	0.03	0.28	0.17	0.25	0.00	0.09	1.00

Б Площадь водосборной территории 2500-7000 км^2 (преимущественно средние реки)

Река (гидропост)	Соотношение коэффициентов корреляции					
	Судость (Погар)	Сож (Ускосы)	Беседь (Красная Гора)	Беседь (Свети-ловичи)	Десна (Голубея)	Болва (Псурь)
Судость (Погар)	1.00	-0.32	0.42	0.64	0.61	0.51
Сож (Ускосы)	-0.32	1.00	-0.05	-0.34	-0.11	0.03
Беседь (Красная Гора)	0.42	-0.05	1.00	0.38	0.64	0.27
Беседь (Светилови чи)	0.64	-0.34	0.38	1.00	0.61	0.29
Десна	0.61	-0.11	0.64	0.61	1.00	0.56

(Голубея)						
Болва (Псурь)	0.51	0.03	0.27	0.29	0.56	1.00

В Площадь водосборной территории 7000-20000 км^2 (средние реки)

Река (гидропост)	Соотношение коэффициентов корреляции				
	Десна (Брянск)	Сейм (Рыльск)	Снов (Носовка)	Сож (Славгород)	Ипуть (Ущерпье)
Десна (Брянск)	1.00	0.12	0.15	0.00	0.25
Сейм (Рыльск)	0.12	1.00	0.67	-0.04	0.52
Снов (Носовка)	0.15	0.67	1.00	0.08	0.74
Сож (Славгород)	0.00	-0.04	0.08	1.00	0.19
Ипуть (Ущерпье)	0.25	0.52	0.74	0.19	1.00

Г Площадь водосборной территории более20000 км^2 (средние и крупные реки)

Река (гидропост)	Соотношение коэффициентов корреляции			
	Десна (Чернигов)	Десна (Разлеты)	Сейм (Мутино)	Сож Гомель
Десна (Чернигов)	1.00	0.88	0.16	0.69
Десна (Разлеты)	0.88	1.00	0.19	0.74
Сейм (Мутино)	0.16	0.19	1.00	0.17
Сож Гомель	0.69	0.74	0.17	1.00

4. Факторы, определяющие многолетнюю динамику стока

Особенности многолетней динамики стока рек региона обусловлены неодинаковым влиянием колебаний климата на водность рек, отличающихся ландшафтной структурой, геологическим и геоморфологическим строением бассейна.

В наиболее общем виде доля площади, покрытой лесами (здесь и далее лесистость), обратно связана с изменчивостью стока. Леса сглаживают амплитуду многолетних и сезонных колебаний водности, обусловленную изменением количества осадков. Лесистость может быть достаточно точно, для построения выводов о влиянии на сток, определена для бассейнов рек разного порядка в интервалы времени, по которым имеются картографические материалы. Для верхнего Поднепровья динамику лесистости можно проследить от середины XIX века (по картам военно-топографического управления Генштаба) до начала XXI века (материалы спутниковой съёмки). Сведения о лесистости бассейнов средних и крупных рек во 2-ой половине XX века имеются в справочных материалах, но весьма ограничены для малых рек, наиболее чувствительных к изменению факторов стока. Последнее существенное изменение площади лесов региона связано с вырубками во время Великой отечественной войной и периоде послевоенного восстановления, поэтому влияние лесистости на показатели стока оценивается для 2-ой половины XX века. Для этого периода времени кроме того имеются продолжительные, непрерывные ряды метеорологических и гидрологических наблюдений. Значения современной лесистости водосборных бассейнов рассчитаны на основании материалов космической съёмки, размещённых на геопортале Google Earth и цифровой векторной модели границ водосборных бассейнов, построенной по геопривязанным, оцифрованным топографическим картам масштаба 1:200000 (съёмка 80-х годов XX века). Полигоны, выделенные по границам участков леса на космических снимках, экспортированы в MapInfo и, затем,

перестроены таким образом, чтобы площадь, покрытая лесами в границах речных бассейнов составляла единый объект сложной конфигурации.

Геоморфологическое строение бассейнов за несколько десятилетий существенно не изменяются, но влияет на соотношение поверхностного и подземного стока, долю подземного стока (таблица 4). Более высокие значения модуля стока соответствуют территориям с глубоким расчленением рельефа. Водоносные горизонты, вскрытые эрозионными формами, обеспечивают устойчивое подземное питание рек и уменьшают изменчивость стока.

Подобие условий стока в бассейнах одного порядка встречается весьма редко, особенно для рек, на которых проводят регулярные гидрологические наблюдения. Влияние отдельных факторов (ландшафтных, геолого-геоморфологических) на сток оценивается по малой выборке, поэтому приоритет имеют относительные показатели изменчивости стока, позволяющие сопоставить реки разного порядка и водности. Изменчивость стока оценивается значениями и амплитудой средних значений максимальных и минимальных среднемесячных расходов за весь период наблюдений, в данном случае 2-я половина XX века (таблица 4) и особенностями их динамики по интервалам времени (таблица 5).

Таблица 4

Характеристики стока малых и средних рек верхнего Поднепровья во 2-ой половине XX – начале XXI века

Характеристика, единица измерений	Сев	Коста	Судость	Десна (Брянск)	Ипуть	Надва	Снежеть	Унеча	Ветьма
средний многолетний расход, $м^3$	4,11	0,71	20,53	82,4	42,53	1,57	1,70	5,5	7,3
Среднее минимальное из среднемесячных расходов, $м^3$	0,82	0,06	5,31	27,90	9,94	0,22	0,49	1,48	2,25
Среднее максимальное	19,47	4,57	92,31	336,90	193,53	6,84	8,16	18,15	28,70

из среднемесячных расходов, $м^3$									
Отношение средних максимальных и минимальных значений среднемесячных расходов	23,6	65,4	17,4	12,1	19,4	31,0	16,4	12,2	12,7
площадь бассейна, $км^2$	1808	552,2	5980	88850	10750	1413	1287	1255	1452
Водосборная площадь выше гидропоста, $км^2$	1150	150	5180	13700	8100	216	282	1180	1370
Модуль стока $л \times с/км^2$	3,6	4,7	4,0	6,0	5,3	7,3	6,0	4,7	5,3
Лесистость бассейна средняя (территории выше гидропоста), %	3,6 (>1)	9,8 (>1)	15,2 (20)	20 (52,3)	34 (30)	50,0 (61,3)	51,2 (>1)	40.8 (41,0)	70,6 (58,2)

Особенности географического распределения изменчивости амплитуды расходов хорошо согласуются с теоретическими представлениями о влиянии факторов стока. Большая амплитуда расходов, в целом характерна для малых водосборов (малые реки, верховья средних и крупных рек) и обратно связана с лесистостью (Коста, Надва, Снежеть). В бассейнах с разнообразной ландшафтной структурой особенности стока на гидропостах могут быть не показательны для всей водосборной территории. Лесистость бассейна Снежети составляет более 50%, но особенности стока характеризуют данные наблюдений на гидрологическом посте, расположенном в верхнем течении. Здесь водосборная территория -лесостепь с редкими лесами по балкам.

Для средних рек близкой водности, доля площади, покрытой лесами, часто является главным фактором изменчивости стока – разница минимальных и максимальных расходов обычно невелика в бассейнах с высокой лесистостью (реки Унеча, Сев).

Для крупных рек - Судости, Десны, Ипути с разнообразными ландшафтными и геоморфологическими условиями стока в бассейне

действие факторов проявляется аналогично, хотя и сглажено. Лесистость бассейна верхней Десны значительно выше, чем Ипути и Судости – амплитуда колебаний стока здесь менее выражена. Меньшая изменчивость стока Судости обусловлена, вероятно, более глубоким эрозионным врезом долины, вскрывающим разновозрастные водоносные горизонты (четвертичные, палеоген-неогеновые, верхнемеловые).

На фоне общей тенденции к увеличению стока, характерной для большинства рек верхнего Поднепровья во 2-ой половине XX века изменения средних, максимальных и минимальных расходов разнонаправлены (таблица 5). Средние многолетние и, особенно средние минимальные расходов заметно увеличиваются (кроме р. Коста); максимальный сток большинства рек региона напротив, снижается, что вполне согласуется с описанными ранее изменениями климатических особенностей (увеличение количества осадков, частые оттепели, небольшой запас воды в снеге в конце зимы). Тенденции наиболее характерны для малых водосборов с небольшой лесистостью. Различия многолетних изменений стока рек, близких по водности определяется кроме того неодинаковыми тенденциями изменения количества осадков (рисунок 3). Во 2-ой половине XX века на метеостанциях в разных частях верхнего Поднепровья регистрируется: рост, относительная стабильность на фоне ритмических колебаний или уменьшение среднегодового количества осадков. Дальнейшее повышение температур зимы, увеличение частоты и силы оттепелей на фоне некоторого снижения среднегодового количества осадков и относительно стабильной лесистости приведёт к некоторому снижению среднегодового стока в первой четверти XXI века.

Таблица 5

Динамика средних, максимальных и минимальных среднемесячных расходов рек бассейна верхнего Днепра во 2-ой половине XX века

Река (гидропост)	Расходы м^3/с	Интервалы времени					$Q_к$/ $Q_н$
		1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	
Десна (Чернигов)	средние	321.70	312.80	289.20	366.00	345.90	1.14
	минимальные	96.78	103.73	119.12	175.90	169.50	1.82
	максимальные	1281.10	1286.00	835.40	966.50	816.70	0.75
Десна (Брянск)	средние	73.67	81.82	76.46	88.51	90.85	1.20
	минимальные	23.00	21.29	26.67	32.65	36.67	1.42
	максимальные	311.64	409.45	324.64	363.45	326.45	1.17
Ипуть (Ущерпье)	средние	41.79	38.76	34.79	48.84	45.88	1.17
	минимальные	7.10	8.34	9.75	14.11	10.43	1.99
	максимальные	240.06	237.14	136.54	180.41	173.54	0.75
Снов (Носовка)	средние	**	27.45	26.15	28.61	35.09	1.28
	минимальные	**	6.57	8.13	11.26	13.83	2.11
	максимальные	**	154.71	112.77	96.89	70.25	0.45
Навля (Навля)	средние	7.00	7.64	7.76	8.27	7.38	1.18
	минимальные	1.79	1.92	2.83	3.59	3.09	2.01
	максимальные	37.66	43.90	23.78	30.06	23.23	0.80
Унеча (Лопатня)	средние	*	5.02	4.96	6.39	6.25	1.25
	минимальные	*	1.28	1.34	2.36	2.19	1.71
	максимальные	*	29.16	19.43	19.22	18.64	0.64
Сев (Новоямское)	средние	3.85	3.57	4.02	4.60	4.45	1.19
	минимальные	0.59	0.44	0.72	1.17	1.16	1.98
	максимальные	19.94	25.50	16.54	19.08	16.40	0.96
Снежеть (Карачев)	средние	1.23	1.88	1.67	2.16	**	1.76
	минимальные	0.22	0.32	0.47	1.01	**	4.59
	максимальные	6.88	13.70	6.25	6.88	**	1.00
Коста (Глазово)	средние	0.78	0.72	0.57	0.75	0.71	0.96
	минимальные	0.05	0.03	0.05	0.12	0.10	2.40
	максимальные	7.34	5.88	3.25	3.70	2.69	0.50

Примечания: $Q_к$/ $Q_н$ – отношение значений расходов в первое и последнее десятилетия рассматриваемого периода* - перенос гидропоста, ** - прекращение наблюдений или отсутствие достоверных данных

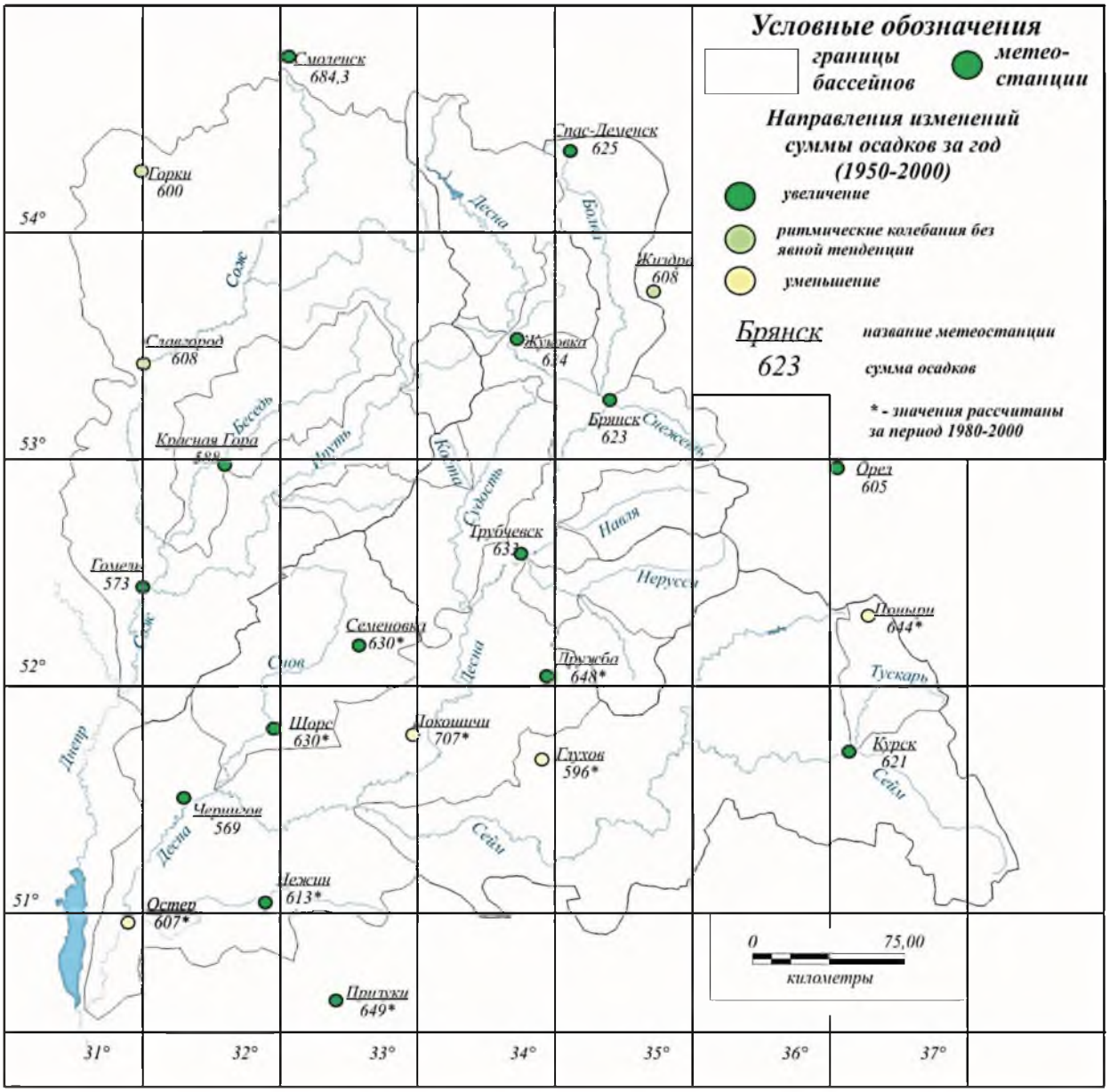

Рисунок- 3. Распределение среднего количества осадков и тенденции их изменения во 2-ой половине XX века.

5. Ретроспективный анализ динамики стока

Для восстановления направления и амплитуды долгопериодичных колебаний стока в прошлом, за пределами срока наблюдений, возможно использовать сравнение конфигурации русла на разновременных картографических материалах.

Невысокая скорость русловых деформаций в бассейне верхнего Днепра определяет использование продолжительных интервалов времени для выявления особенностей динамики морфологической структуры. Сопоставление изображений разного типа – топографических карт разных лет, космических снимков и большой объём анализируемого материала определяет разработку специфической методики оценки динамики морфологической структуры. Разнообразные изменения сгруппированы в 9 возможных направлений, выделенных по двум показателям – изменению разнообразия и количества русловых форм, выделенных по классификации МГУ. Установлено три возможных значения показателей: относительно стабильно, увеличивается и уменьшается. Направлениям присвоены условные порядковые номера (таблица 6), которые используются далее в тексте и графических материалах.

Таблица 6

Направления динамики морфологической структуры ПРК в бассейне верхнего Днепра

<table>
<tr><td rowspan="2">Направления динамики</td><td colspan="5">Количество форм русла</td></tr>
<tr><td colspan="5">Разнообразие форм русла</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>относительно стабильно</td><td rowspan="2">2</td><td>относительно стабильно</td><td rowspan="2">3</td><td>относительно стабильно</td></tr>
<tr><td>относительно стабильно</td><td>увеличивается</td><td>уменьшается</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4</td><td>увеличивается</td><td rowspan="2">5</td><td>увеличивается</td><td rowspan="2">6</td><td>увеличивается</td></tr>
<tr><td>относительно стабильно</td><td>увеличивается</td><td>уменьшается</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7</td><td>уменьшается</td><td rowspan="2">8</td><td>уменьшается</td><td rowspan="2">9</td><td>уменьшается</td></tr>
<tr><td>относительно стабильно</td><td>увеличивается</td><td>уменьшается</td></tr>
</table>

Соотношение направлений динамики определено для отрезков времени, между картографическими и спутниковыми съёмками территории: середина XIX- 30-е гг. XX века (таблица 7); 30-е гг. XX века– 80-е гг. XX века (таблица 8); 80-е гг. XX века - начало XXI века (таблица 9).

Таблица 7

Процентное соотношение типов динамики в интервале времени 60-е гг. XIX века – 30-е гг. XX века, %

Направления изменений	Количества русловых форм		
Разнообразия русловых форм	Относительная стабильность	Увеличение	Уменьшение
Относительная стабильность	6	14	20
Увеличение	Менее 1	18	6
Уменьшение	4	14	18

Таблица 8

Процентное соотношение типов динамики в интервале времени 30-е гг. XX века – 80-е гг. XX века, %

Направления изменений	Количества русловых форм		
Разнообразия русловых форм	Относительная стабильность	Увеличение	Уменьшение
Относительная стабильность	4	33	21
Увеличение	2	18	7
Уменьшение	2	5	7

Таблица 9

Процентное соотношение типов динамики в интервале времени 80-е гг. XX века – начало XXI века, %

Направления изменений	Количество русловых форм		
Разнообразие русловых форм	Относительная стабильность	Увеличение	Уменьшение
Относительная	4	44	19

стабильность			
Увеличение	Менее 1	18	4
Уменьшение	4	2	6

Соотношения направлений динамики вполне согласуются с представлением о зависимости результатов морфологического анализа от подробности картографических материалов и динамики условий стока. Наиболее распространены направления, динамики с неизменным разнообразием русловых форм при сохранении или увеличении их количества. Увеличение количества русловых форм за весь интервал времени (более половины случаев) объясняется, вероятно, двумя причинами: увеличением объема стока в XX веке и, большей генерализацией картографических материалов одинакового или близкого по значению масштаба, созданных в конце XIX - начале XX века по сравнению с современными источниками. Периоду относительно высокой водности рек (2-я половина XX – начало XXI века) соответствует большее распространение динамики с увеличением разнообразия и количества русловых форм. Минимуму стока в 30-е гг. XX века соответствует относительно высокая доля типов динамики с уменьшением количества и разнообразия русловых форм в предшествующем интервале времени (от 60-х гг. XIX века таблица 7); максимуму стока в 80-е гг. – обратное направление изменений (таблица 9, таблица 8).

Динамика отдельных ПРК может существенно отличаться от общего направления в зависимости от сочетания факторов руслового процесса, прежде всего-геолого-геоморфологических и предшествующих изменений морфологической структуры [5]. Влияние этих факторов подтверждается сравнением преобладающих направления динамики ПРК рек разных порядков и особенностей динамики соседних по течению ПРК. На реках разных порядков одного бассейна небольшой площади различия в изменении стока несущественны, а преобладающие направления динамики отличаются и не ритмически чередуются во времени. Особенности динамики, возможно

связаны с автоколебательными процессами развития форм русла, хорошо известными для отдельных излучин. Усложнение конфигурации ограничено рассеиванием энергии потока на развитых излучинах и энергетической выгодностью прямолинейного движения. Увеличение разнообразия типов и количества форм сохраняется до некоторого предельного соотношения кинетической энергии потока и устойчивости грунтов русла и уступов поймы, а затем, направление динамики закономерно изменяется на противоположное. Реже, общие черты динамики (рост разнообразия) сохраняются, на локальных участках в течение всего рассматриваемого интервала времени (от 60-х годов XIX века до начала XXI века) – по одному участку на р. Воронуса, Снов, Снежеть,2 участка на р. Вабля (8,2% от числа вариант). Этот вариант динамики наиболее возможен при определённом сочетании направлений внутренней динамики и значительного влияния внешних факторов – процессов на смежных участках, изменения условий стока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сложный, а без учёта взаимодействия с иными условиями, противоречивый характер действия отдельных факторов на сток следует учитывать в оценке устойчивости речных экосистем в связи с современным изменением климата, хозяйственным освоением водосборных территорий.

Географическое распределение особенностей стока зависит от мезоклиматических условий, ландшафтного и геолого-геоморфологического строения территории, их предшествующих изменений. Многолетняя динамика расходов может быть, как хорошо согласованной - на реках одной системы или удалённых территорий, сходных по условиям стока, так и разнонаправленно и асинхронно изменяться.

Из комплекса условий наиболее заметно действие на сток размера и площади водосборной территории. Покрытая лесом площадь сглаживает влияние колебаний климата, уменьшает амплитуду максимальных и минимальных значений стока

Средний и минимальный расход рек верхнего Поднепровья увеличивается, а максимальный расход уменьшается под влиянием изменений климата в холодный период года. Наиболее заметно тенденция проявляется за период в несколько десятилетий для небольших рек с невысокой лесистостью водосборной территории. В короткие, небольшие интервалы времени тенденция ослабевает под влиянием колебаний климата

Прогноз динамики гидрологических характеристик (в частности расходов) должен строиться и распространяться на основании сходства условий стока и экстраполяции тенденций в будущее. В 1-ой четверти 21 века предполагается, снижение стока в соответствии с направлением долго периодичных колебаний количества осадков при относительной устойчивости ландшафтной структуры и геолого-геоморфологического строения водосборных территорий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный федеральный округ. Брянская область / Администрация Брянской обл.; под ред. Н. Г. Рыбальского, Е. Д. Самотесова, А. Г. Митюкова. - М.: НИИ-Природа, 2007.

2. Ресурсы поверхностных вод СССР: Белоруссия и Верхнее Поднепровье, Т.5 : Ресурсы поверхностных вод СССР, ч.1, 1966

3. Ресурсы поверхностных вод. Том 6 Украина и Молдавия, Вып. 2. Верхнее Поднепровье, Л: Гидрометеоиздат, 1971 – 656 с

4. Лобанов, Г.В. Проблемы оценки гидрологических факторов русловых процессов в конце XX – начале XXI века на примере бассейна Верхнего Днепра / А.В. Полякова, М.А. Новикова, И.В. Куприков, Е.А. Сабайда // Вестник Сумского государственного педагогического университета, 2012. – № 1 Географические науки

5. Афанасьев А.Н. колебания гидрометеорологического режима на территории СССР. М.: Изд-во Наука, 1967 – 232 С.

6. De Weil, M.J. Modelling the response of river systems to environmental change: Progress, problems and prospects for palaeo-environmental reconstructions / Marco J. Van De Wiel, Tom J. Coulthard, Mark G. Macklin, John Lewin // Earth-Science Reviews- Volume 104, Issues 1–3, January 2011, P. 167–185

7. Hooke J.M. Spatial variability, mechanisms and propagation of change in an active meandering river // Geomorphology, 2007. Vol.84. P. 277–296.

8. Hubble, T.C., T. Docker, B.B., Rutherfurd, I.D. The role of riparian trees in maintaining riverbank stability: A review of Australian experience and practice // Ecological Engineering. 2010. Vol. 36.

9. Labbe J. M., Hadley K. S. , Schipper A. M. , Leuven R.S., Gardiner C. P. Influence of bank materials, bed sediment, and riparian vegetation on channel

form along a gravel-to-sand transition reach of the Upper Tualatin River, Oregon, USA // Geomorphology. 2011. Vol. 125.

10. Laize R., Hannah M. Modification of climate–river flow associations by basin properties // Journal of Hydrology, 2010 – vol. 389, P. 186–204

11. Lavers, D. Large-scale climate, precipitation and British river flows: Identifying hydroclimatological connections and dynamics / D. Lavers, C. Prudhomme, D. Hannah // Journal of Hydrology, 2010 – vol. 395, P.242–255