



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Оценка изменений влагозапасов водосборов

Исполнитель Гацуц Евгений Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель к.т.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

к.т.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«13» 06 2022г.

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

Оглавление	2
Введение.....	3
1. Физико-географические характеристики сравниваемых бассейнов	5
1.1. Общие характеристики бассейнов.....	5
1.2. Рельеф и геологическое строение бассейнов Дона и Северной Двины ...	11
1.3. Климат бассейнов Дона и Северной Двины.....	18
1.4. Характер подстилающей поверхности.....	22
2. Подходы к сравнению влагозапасов водосборов	25
2.1. Основные способы определения влагозапасов на водосборе.....	25
2.2. Сравнимость влагозапасов различных водосборов	29
3. Сравнение динамики влагозапасов водосборов Дона и Северной Двины за 2008 – 2019 гг.....	30

Введение

Исследование формирования и изменения влагозапасов на водосборах является важной теоретической проблемой современной гидрологии, имеющей, к тому же, большую практическую значимость. Важность данной проблемы обусловлена значительным влиянием, как непосредственным, так и опосредованным, стока рек (который, в свою очередь, зависит от влагозапасов на водосборе) на широкий спектр видов хозяйственной деятельности, а также состояние и динамику геосистем, прежде всего, аквальных и субаквальных, в речных бассейнах. При этом, влагозапасы в речных бассейнах не остаются неизменными, постоянными величинами, их объемы меняются от сезона к сезону, что обусловлено целым комплексом природных и антропогенных факторов, связанных как с гидрологическими характеристиками самого бассейна, так и с погодными условиями конкретных сезонов.

С точки зрения развития теории водного баланса речных бассейнов, как сложных ландшафтных структур, актуальным вопросом является сравнение динамики влагозапасов в них, в том числе для соразмерных речных бассейнов, находящихся в принципиально различных физико-географических условиях. Это позволяет выявить общие закономерности формирования и срабатывания влагозапасов в речных системах, что представляет интерес для обоснования общих выводов по целому ряду проблем формирования речного стока и влияния на него ландшафтных структур бассейна и климатических факторов.

Целью настоящей работы является сравнение динамики формирования влагозапасов за последние годы на водосборах рек Дон и Северная Двина.

В задачи работы входит:

- Описание и сравнение физико-географических условий рассматриваемых бассейнов;

- Рассмотрение существующих методик оценки влагозапасов в речном бассейне;
- Сопоставительная оценка динамики влагозапасов в бассейнах Дона и Северной Двины за период с 2008 по 2019 гг.

Методы исследования: сравнительно-описательный, статистический, картографический, научный анализ и синтез.

1. Физико-географические характеристики сравниваемых бассейнов

1.1. Общие характеристики бассейнов

Реки Северная Двина и Дон – одни из крупнейших в Европейской части России. Обе реки начинаются на Восточно-Европейской равнине и впадают во внутренние моря Евразии. Общие характеристики бассейнов этих рек представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Общие характеристики бассейнов Дона и Северной Двины

Показатель/характеристика	Река Дон	Река Северная Двина
Физико-географическое положение речного бассейна	Центральная и южная часть Восточно-Европейской равнины, Западное Предкавказье. Между 44° и 54° с.ш. и 36° и 46° в.д.	Север Восточно-Европейской равнины. Между 57° и 65° с.ш. и 36° и 56° в.д.
Административное положение речного бассейна	В пределах РФ: В регионах Центрального Федерального округа – 33,3%; В пределах Приволжского Федерального округа – 9,7% В пределах Южного Федерального округа – 41,8 В пределах Северо-Кавказского Федерального округа – 2,6% За пределами РФ – 12,6%	В пределах Северо-Западного Федерального округа – 97%; В пределах Приволжского Федерального округа – 3%
Площадь бассейна, тыс. км ²	422	357
Исток главной реки	В г. Новомосковск Тульской области	Слияние рек Сухона и Юг вблизи Великого Устюга
Устье главной реки	Таганрогский залив Азовского моря, впадает, образуя дельту	Двинская губа Белого моря, впадает, образуя дельту
Протяженность главной реки	1870	744 (с учетом Сухоны – 1310)
Количество рек в бассейне	Свыше 13 тысяч	Около 62 тысяч
Наличие крупных искусственных водных объектов	43 водохранилища, 1 межбассейновый судоходный канал	3 водохранилища, 1 межбассейновый судоходный канал
Тип водного режима (по М.И. Львовичу)	Реки умеренного пояса континентального типа	Реки умеренного пояса континентального типа (в южной части бассейна), переходного от морского к континентальному

		типа (в северной части бассейна)
Среднегодовой сток, км ³	28,1	108
Модуль стока, м ³ /км ² в год	66,6	302,5

Река Дон – одна из наиболее крупных рек южной части Восточно-Европейской равнины, крупнейшая по площади бассейна и объему стока река в российской части Азово-Черноморского бассейна. Бассейн реки Дон располагается в пределах Центрального, Южного, Приволжского и Северо-Кавказского федеральных округов Российской Федерации (всего 15 регионов), а также частично (12,6% общей площади) вне России: на территории Харьковской области Украины, Луганской и Донецкой народных республик (рис.1). Водораздел бассейна Дона в северной, восточной и юго-восточной части совпадает с главным водоразделом Евразии, отделяющим область внутреннего стока (бассейн Каспийского моря) от бассейна Атлантического океана. В западной и юго-западной части бассейна водоразделы отделяют его от водосборных пространств других рек Азово-Черноморского бассейна.

Главная река бассейна – Дон является крупнейшим постоянным водотоком во всей водосборной площади. Она начинается как постоянный водоток в наиболее северной части бассейна, вблизи водораздела. Общее направление течения главной реки – с севера на юг, однако, оно заметно меняется от истока к устью. В целом, непосредственно южное направление Дона выдерживается до впадения в него реки Черная Калитва. Для этого участка Дона характерна симметричность бассейна: Дон принимает значительные притоки, как справа (Сосна), так и слева (Воронеж). Ниже устья Черной Калитвы направление течения Дона меняется на юго-восточное и сохраняется таковым до впадения реки Иловля. На этом участке бассейн асимметричен – река принимает только крупные левые притоки, в том числе такие значительные, как Хопер и Медведица. Справа русло Дона практически вплотную приближается к водоразделу главной реки с его крупнейшим притоком – Северским Донцом. Ниже устья Иловли

направление течения Дона становится юго-юго-западным и сохраняется таковым до города Волгодонск, близ которого река делает крутой разворот на запад и далее до самого устья течет практически в западном направлении (с небольшой южной составляющей). На участке от устья Иловли до Волгодонска также выражена асимметрия бассейна: русло Дона подходит на расстояние в первые десятки километров к волго-донскому водоразделу, наиболее крупные притоки в нее впадают справа. Ниже Волгодонска бассейн Дона вновь становится симметричным, в него впадают крупные притоки, как слева (Сал, Маныч), так и справа (Северский Донец, Аксай).

Общее направление течения водотоков бассейна на юг имеет важное значение для его водного режима: поскольку ледостав начинается в верховьях (которые расположены севернее), а разрушение ледяного покрова – с нижнего течения Дона и его наиболее значительных притоков, ледяные заторы на крупных реках бассейна и сопровождающие их резкие подъемы воды во время половодья и начального периода ледостава крайне редки.

Для гидрологического режима Дона характерно преобладание снегового питания (от 50 до 70% стока незарегулированных рек проходит за весеннее половодье), выраженное и относительно короткое весеннее половодье, летняя и зимняя межени, разделяемые осенним периодом подъема воды. С севера на юг (по мере возрастания сухости климата) доля стока, формируемого в весеннее половодье, возрастает.

Бассейн Дона характеризуется интенсивным хозяйственным водопользованием, которое существенно влияет на гидрологический режим многих водных объектов в нем, прежде всего, крупных рек. На реках бассейна Дона создано 43 водохранилища общим полным объемом 29,3 км³, в том числе 27 с объемом более 10 млн. м³. С запуском в эксплуатацию наиболее крупного из них – Цимлянского (23,8 км³) в 1952 году, годовой режим стока Нижнего Дона был перераспределен с уменьшением доли весеннего стока до 45% и возрастанием доли стока в летний и осенний периоды. Соответственно, сток Дона, близкий к естественному, характерен в

настоящее время только для участка, расположенного выше верхнего бьефа Цимлянского водохранилища (выше города Калач-на-Дону). Однако, и здесь его нельзя считать полностью естественным, поскольку в бассейне Верхнего и Среднего Дона имеется целый ряд гидротехнических сооружений, оказывающих заметное влияние на сток как отдельных притоков, так и главной реки.

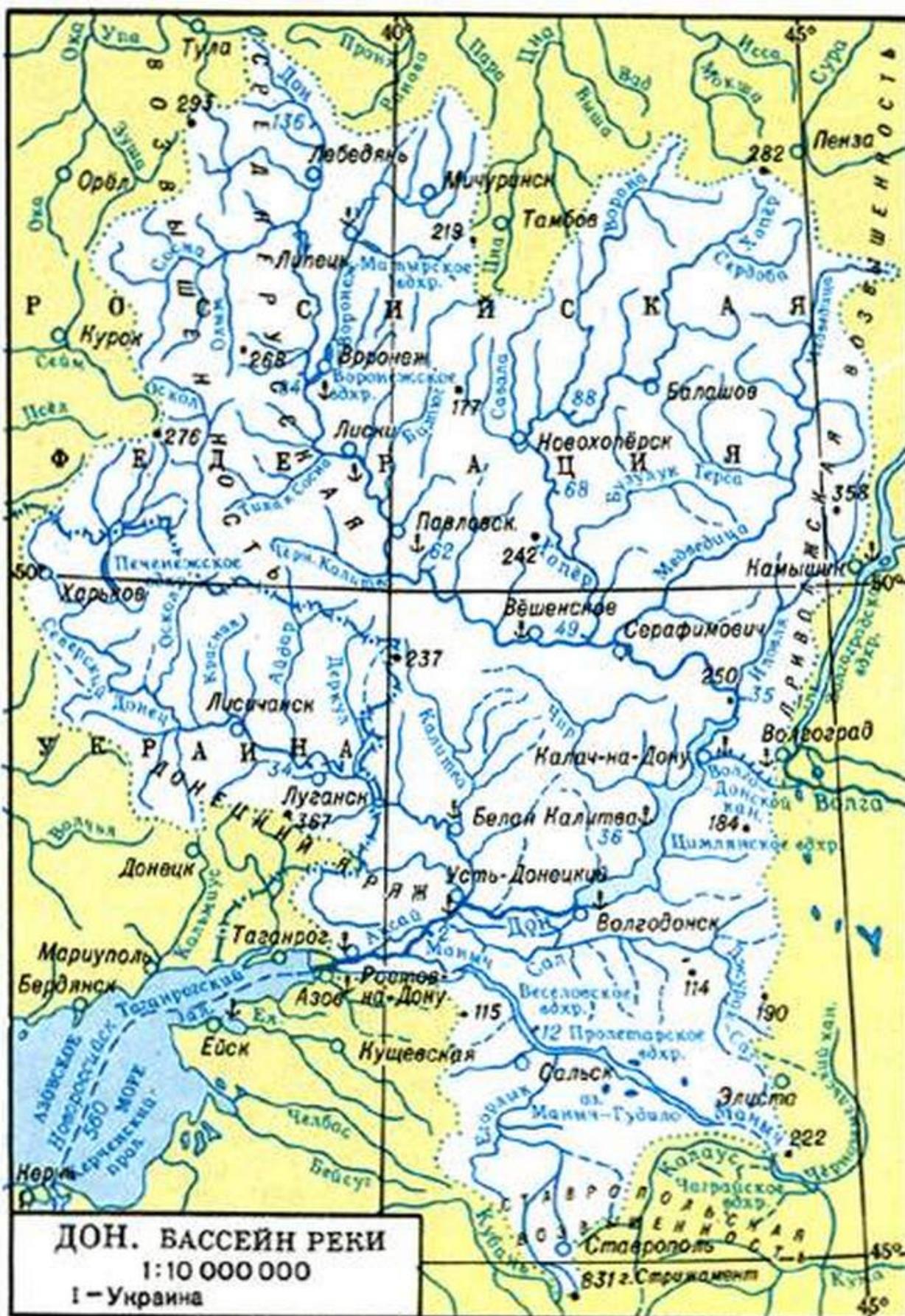


Рисунок 1. Бассейн реки Дон

Северная Двина – крупнейшая по площади бассейна и объему стока река бассейна Белого моря. Ее бассейн полностью располагается в пределах Российской Федерации, в том числе на Северо-Западный Федеральный округ (3 региона) приходится 97% его площади, а оставшаяся территория относится к одному региону Приволжского федерального округа. Южная граница бассейна Северной Двины совпадает с Главным водоразделом Евразии в части, отделяющей бассейн Северного Ледовитого океана от области внутреннего стока (бассейна Каспийского моря). Остальные водоразделы отделяют бассейн от водосборов других рек Белого моря (рис. 2).

Определение главной реки в бассейне на сегодняшний день является спорным вопросом. Река под названием Малая Северная Двина образуется при слиянии рек Сухона и Юг у города Великий Устюг. Собственно, Северная Двина (в полном смысле названия) формируется уже ниже по течению, при слиянии Малой Северной Двины и Вычегды (имеющей в месте слияния большую водность, длину и площадь бассейна) у города Котлас. Тем не менее, традиционно истоком Северной Двины считается Сухона. В настоящей работе она и будет рассматриваться в этом качестве.

В целом для главной реки (система Сухона – Малая Северная Двина – Северная Двина) характерно северное направление течения, однако, оно существенно меняется в пространстве. Так, для Сухоны характерно общее направление течения на северо-восток, оно сохраняется таковым вплоть до образования Малой Северной Двины. Для этого участка речной системы характерно резкое возрастание северной составляющей в направлении течения (Малая Северная Двина течет на северо-северо-восток). После впадения Вычегды (имеющей западное направление течения) главная река меняет направление течения на северо-западное и сохраняет его уже до устья. Бассейн на всех участках можно в первом приближении рассматривать, как симметричный, главная река практически одинаково принимает как левые, так и правые притоки.

В бассейне Северной Двины создано 3 водохранилища, общим объемом 1,7 км³, которые расположены на небольших реках¹. Большого влияния на сток эти гидротехнические сооружения не оказывают.

БАСЕЙН РЕКИ СЕВЕРНАЯ ДВИНА

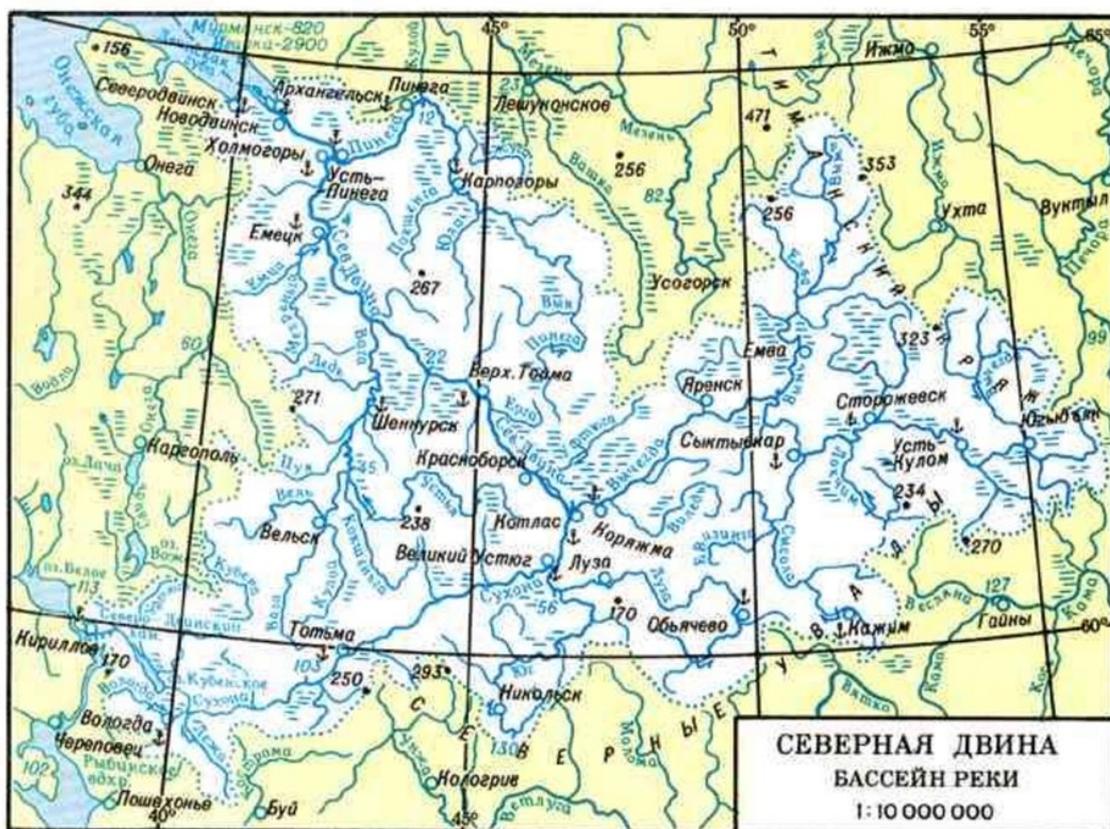


Рисунок 2. Бассейн Северной Двины

1.2. Рельеф и геологическое строение бассейнов Дона и Северной Двины

И Дон и Северная Двина являются равнинными реками. Их бассейны расположены на территориях с платформенным режимом, при этом бассейн Дона большей частью, а бассейн Северной Двины полностью находятся в пределах докембрийской Восточно-Европейской платформы, что во многом определяет геоморфологические особенности территорий бассейнов. Тем не менее, каждый из речных бассейнов имеет свои существенные особенности геологического строения и рельефа.

¹ Барабанова Е.А. Водохранилища водосбора арктических морей России // Водные ресурсы. Т 46, №2 (2019) – с. 123 - 131

Более сложен в геологическом отношении бассейн Дона, поскольку он располагается в пределах двух разновозрастных тектонических структур: докембрийской Восточно-Европейской платформы и эпигерцинской Скифской плиты, а также складчатой области Донбасса, весьма сложно расположенных в пределах бассейна друг относительно друга и отделяемых друг от друга сериями субмеридиональных глубинных разломов. Территория, занимаемая бассейном Дона в пределах этих образований, охватывает части входящих в них тектонических структур меньших порядков и связанные с ними крупные структуры рельефа.

Часть бассейна Дона, расположенная на Восточно-Европейской платформе, приурочена к крупным поднятиям ее фундамента: Воронежской антеклизе и Украинскому щиту (Ростовскому своду – погребенному выступу щита), которые в пределах бассейна не соединяются друг с другом². Их разделяют структуры Скифской плиты и Складчатого Донбасса. Сами структуры Восточно-Европейской платформы формируют северную и южную (за исключением юго-востока) часть бассейна. Ее фундамент, сложенный архейско-раннепротерозойскими метаморфическими и интрузивными породами, залегает здесь на глубине не более 1,8 км, на значительных территориях глубина его залегания не превышает первых сотен метров, в ряде мест он выходит на дневную поверхность. Фундамент перекрыт осадочными породами среднего девона и более молодыми. Более ранние палеозойские породы отсутствуют. Имеется развитый покров четвертичных осадочных отложений (мощностью в десятки и сотни метров), в южной части это преимущественно морские осадки, в северной части бассейна – морены четвертичных оледенений, флювиогляциальные и эоловые отложения. В западной части донского бассейна, поднятиям Восточно-Европейской платформы соответствуют крупные положительные формы рельефа: Среднерусская возвышенность (соответствует наиболее

² Макаров В.И., Макарова Н.В., Несмеянов С.А., Макеев В.М., Дорожко А.Л., Зайцев А. В., Зеленщиков, Г.В. Серебрякова Л.И., Суханова Т.В. Новейшая тектоника и геодинамика: области сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты /Ред. Ю.К. Щукин. М.: Наука, 2006. 206 с.

приподнятой части Воронежской антеклизы), отделенная от нее долиной Дона Калачская возвышенность, а также Северо-Приазовская возвышенная равнина (соответствует Ростовскому своду). Они представляют собой холмистые равнины с высотами до 250 м над у.м., сложенные осадочными породами различного возраста и генезиса. Здесь большое развитие получили эрозионные процессы, развит карст. Глубины эрозионных врезов здесь могут составлять до 150 – 170 м.

К испытывающему погружение юго-восточному участку Воронежской антеклизы (Хоперскому мегаблоку) приурочена Окско-Донская низменность, располагающаяся к востоку от Среднерусской возвышенности. От последней отделена резко выраженными (в несколько десятков метров) уступами. В бассейне Дона низменность сложена преимущественно неогеновыми песками, в северной его части перекрытыми четвертичными водно-ледниковыми отложениями. В рельефе она представляет собой волнистую равнину (Хоперско-Бузулукская равнина) с плоскими водораздельными пространствами абсолютными высотами 120 – 170 м над у.м., которые разделены речными долинами с широкими поймами и комплексами террас. Общая глубина эрозионного вреза речных долин – 20-25 м. Некоторые междуречья представляют собой моноклиальные гряды с пологим западным и крутым восточным склоном (Медведицкая гряда и др.). Развиты суффозионные процессы, в восточной части – дефляция (ветровая эрозия).

Восточному приподнятому краю Воронежской антеклизы соответствует Приволжская возвышенность – простирающаяся в меридиональном направлении моноклиальная (куэстовая) гряда с пологим западным и крутым восточным склоном, сложенная осадочными (пески, мергели, мел и пр.) породами юрского, мелового и палеогенового возраста. Возвышенность служит водоразделом Волги и Дона. В пределах водораздела преобладают абсолютные высоты 120 – 130 м над у.м. Здесь развиты овражная эрозия, карстовые процессы.

Среднюю часть бассейна занимают структуры Складчатого Донбасса и его продолжения – вала Карпинского, фундамент которых сложен комплексом смятых в складки палеозойских магматических, метаморфических и осадочных пород. В западной части бассейна он выходит на поверхность в виде Донецкого кряжа (максимальная высота – 367 м над у.м.) – денудационно-эрозионной равнины со сложным характером рельефа и глубокими (до сотен метров) эрозионными врезами. Восточнее фундамент Складчатого Донбасса погружается под комплекс мезокайнозойских осадочных пород и эта структура представлена в рельефе моноклиналиными (куэстового типа) возвышенностями и грядами: Восточно-Донецкой грядой, Доно-Донецкой возвышенностью и пр. с крутым северо-восточным и пологим юго-западным склоном. Абсолютные высоты здесь составляют около 250 м над у.м., характерно чередование плоских водораздельных пространств с узкими долинами небольших рек и балок, развитая овражная эрозия, суффозионные процессы. Структуры Складчатого Донбасса формируют водораздельное пространство Дона и его крупнейшего притока – Северского Донца, а также практически весь бассейн Северского Донца в среднем и нижнем течении. Их выход на поверхность в Донецком кряже приводит к образованию ущелий по речным долинам. В восточной части бассейна с валом Карпинского связана субширотная Сальско-Маньчская гряда с абсолютными высотами до 220 м над у.м.

Эпипалеозойская Скифская плита имеет фундамент, сложенный палеозойскими (каменноугольными и более поздними) метаморфическими породами, перекрытый чехлом осадочных мезокайнозойских пород. Выходов на дневную поверхность в пределах бассейна фундамент Скифской плиты не имеет. В рельефе отделяется Кумо-Маньчской впадиной от структур Складчатого Донбасса. На востоке и юго-востоке бассейна со структурами Скифской плиты связаны возвышенности, по которым проходят водоразделы Дона с Волгой и Кубанью: Ставропольская возвышенность (высшая точка – 831 м над у.м. – наибольшая отметка абсолютной высоты в бассейне Дона) и

ее северный отрог – Ергени. К северу и северо-западу от них Предкавказская равнина, сложенная преимущественно осадочными породами неогенового и нижнечетвертичного возраста, которая понижается к нижнему течению Дона. Она представляет собой волнистую равнину с общим северо-восточным падением с балочным рельефом, в восточной части – с элементами эолового рельефа.

В пойме Дона и его наиболее крупных притоков представлены обширные покровы современных аллювиальных и аллювиально-делювиальных отложений, развиты пойменные террасы и русловые отложения, которые в нижнем течении Дона формируют крупную дельту. На водосборных пространствах широко распространен современный делювий и коллювий, в восточной части бассейна имеются участки с эоловыми отложениями.

В целом для бассейна Дона (прежде всего, главной реки и наиболее крупных притоков) характерна выраженная асимметрия речных долин (правый борт более крутой и высокий, зачастую -обрывистый, левый – пологий и низкий, русло реки смещено к правому борту). Речные долины часто меняют ширину – расширенные участки с развитой террасированной долиной сочетаются с узкими долинами типа ущелий. Реки извилистые, образуют большое количество излучин. Большое распространение на расширенных участках пойм имеют старицы. На водосборе широко распространены эрозионные и карстовые формы рельефа (в ряде случаев они совмещаются) - временные водотоки различных порядков.

Геологическое строение и рельеф бассейна Северной Двины заметно проще, чем бассейна Дона. Основная часть бассейна реки расположена в пределах Онего-Двинско-Мезенской равнины, приуроченной к Мезенской синеклизе (северная периферия Московской синеклизы). Она представляет собой моноклинально наклоненную к северу равнину, образованную осадками позднего палеозоя – раннего мезозоя (каменноугольными, пермскими, триасовыми и юрскими глинами, мергелями, песками и

песчаниками, известняками), залегающими на архейско-раннепротерозойском основании. Сверху они перекрыты чехлами четвертичных (плейстоценовых) моренных отложений четырех оледенений: валдайского, московского, днепровского и калининского, мощность которых составляет от 10 м (калининское оледенение) до 100 м и более (московское оледенение), а общая толщина слоя четвертичных отложений – сотни метров³.

Приводораздельные пространства бассейна формирует ряд возвышенностей, тектонически и геологически связанных с поднятиями краев Московской синеклизы, Волго-Уральским антиклинорием, а также с конечными моренами плейстоценовых оледенений. Абсолютные высоты в этих возвышенностях не превышают 300 м над у.м., большая часть приводораздельных пространств имеет абсолютные высоты около 200 м над у.м. Наиболее значительными среди них являются Северные Увалы (моренная гряда на поперечной тектонической структуре, разделяющей Московскую и Мезенскую синеклизы), по которым проходит водораздел бассейнов Белого и Каспийского морей (Северного Ледовитого океана и внутреннего стока Евразии), южная часть Тиманского кряжа на юго-востоке, Беломоро-Кулойское плато и Двинско-Мезенская возвышенность на северо-востоке, Няндомская и Коношская возвышенности на юго-западе, южная часть Онежской гряды на северо-западе. Имеются и выраженные внутрибассейновые поднятия: Холмогорское, Сухоно-Двинское, водораздел Северной Двины и Пинеги и др.

В пределах обширной территории бассейна среднего и верхнего течения Северной Двины основную площадь занимают повышенные равнины Сухоноско-Двинской и Двинско-Мезенской возвышенностей, разделенные широкой Двинской ложбиной. Она достигает ширины 70 км и врезана на 180 м вглубь мощной толщи четвертичных отложений и

³ Немцова Г. М. О вещественном составе основных морен бассейнов Северной Двины и верхней Мезени // БКИЧП. 1973. №40. – с. 122 - 130

верхнепалеозойских пород. По древней Сухонской ложбине, сохраняя северо-восточное направление, течет и р. Сухона. Ее долина в нижнем течении, ниже с. Нюксеница приобретает вид каньона в толще пермских известняков, мергелей и других пород. Глубина эрозионного вреза реки на отдельных участках достигает 60 м, а ширина меандрированного русла – местами до 5 км⁴.

Северная Двина и ее наиболее крупные притоки протекают преимущественно в широких долинах, в которых симметричные участки чередуются с асимметричными (русло реки подходит к коренному берегу, последний, как правило, крутой), участки с широкой подвижной поймой и большим количеством проток и островов чередуются с узкими практически прямолинейными участками речной долины, лишенными аллювиальных отложений. На рельеф пойм Северной Двины и ее крупнейших притоков значительное воздействие оказывают ледовые явления и подъемы уровня воды, вызываемые заторами льда. При впадении в Двинской залив Северная Двина образует обширную дельту, находящуюся под существенным воздействием приливных процессов.

В целом бассейн Северной Двины по характеру рельефа представляет собой преимущественно волнистую равнину, слабо наклоненную к северо-западу. Вблизи водоразделов и на значительных внутрибассейновых возвышенностях рельеф приобретает характер холмистой равнины. На водосборе Северной Двины широко распространены плоские платообразные поверхности, на которых активно развиваются процессы заболачивания. Здесь болотные отложения, наряду с аллювиальными составляют важнейшую часть современных отложений. В западной части бассейна в местах выходов на дневную поверхность массивов известняков значительное развитие получили карстовые процессы и связанные с ними формы рельефа.

⁴ Сергиенко В. Г. Разнообразие и охрана природных территорий севера Восточной Европы. – СПб: ФБУ «СПбНИИЛХ», 2012. – 262 с

1.3. Климат бассейнов Дона и Северной Двины

Оба рассматриваемых бассейна находятся в Атлантическом секторе Западной Евразии (т.е. формирование их климата во многом обусловлено влиянием воздушных масс Атлантики) умеренного пояса. Однако, они находятся в разных частях этого сектора. Кроме того, значительные территории рассматриваемых бассейнов отодвинуты глубоко во внутриконтинентальные области, что также заметно влияет на их климатические режимы. В целом, климат обоих речных бассейнов характеризуется как наличием определенных сходных черт, так и рядом существенных отличий (причем, последних заметно больше).

Важнейшими чертами сходства климата обоих бассейнов, которые влияют на гидрологические характеристики водных объектов в них, являются

- наличие в годовом ходе температуры четырех выраженных сезонов – одного теплого с положительными среднесуточными и минимальными температурами, одного холодного с отрицательными среднесуточными и максимальными температурами и двух переходных;
- выпадение осадков во все сезоны года, при этом, выраженная приуроченность выпадения основного объема осадков в теплый период;
- то, что бассейны, несмотря на разное широтное положение и объемы приходящей солнечной радиации, относятся к территориям с положительными среднегодовыми температурами и находятся вне зоны распространения вечной мерзлоты.

Указанные особенности климата территорий речных бассейнов определяют такие процессы, как замерзание и оттаивание водоемов (соответственно, формирование зимней межени), накопление снега в холодный период, формирование повышенного стока (половодья) при его таянии, возможность просачивания дождевых и талых вод в почву и пр.

Вместе с тем, как величины значимых метеорологических элементов, так и характер климатических процессов в бассейнах существенно различаются.

Бассейн Дона, располагается в южной части Восточно-Европейской равнины, преимущественно в южной половине умеренного климатического пояса. На его климат значительное влияние оказывают воздушные массы Северной Атлантики, Азово-Черноморского бассейна, а также внутренних районов Евразии – Нижнего Поволжья, Западной Сибири и Центрального Казахстана. Бассейн характеризуется климатом с относительно высокими среднегодовыми температурами - от $+5,4^{\circ}\text{C}$ в северной части (Новомосковск) до $+9,8^{\circ}\text{C}$ в его южной части (Ростов-на-Дону). За период инструментальных наблюдений ни на одной из станций в пределах бассейна лет с отрицательными среднегодовыми температурами не фиксировалось. Среднегодовая температура воздуха нарастает в направлении с северо-востока на юго-запад по мере приближения к Азово-Черноморскому бассейну. Рост температуры в этом направлении обусловлен как нарастанием объемов приходящей солнечной радиации, так и повышением температуры холодного периода по мере приближения к крупным водным объектам. В то же время даже их близость не приводит к существенному увеличению количества осадков. В бассейне Дона количество осадков нарастает с юго-востока на северо-запад с 400 мм в долине Маныча до 700 мм в год и более на Среднерусской возвышенности. Такое распределение температуры и осадков приводит к тому, что в бассейне сухость климата существенно возрастает в восточном и южном направлениях, при этом большая часть бассейна Дона находится в зоне недостаточного и даже (в юго-восточной части) скудного увлажнения. К зоне оптимального увлажнения относится только северная часть бассейна.

Для температурного режима бассейна Дона характерна значительная продолжительность теплого периода: период со среднесуточными температурами выше $+10^{\circ}\text{C}$ (шесть месяцев и более), из которых около

четырёх (а в южной части бассейна и до пяти) приходится на период со среднесуточной температурой свыше $+15^{\circ}\text{C}$. В наиболее теплые месяцы года (июнь – август) среднесуточная температура по всему бассейну превышает $+20^{\circ}\text{C}$. Период с отрицательными среднесуточными температурами в южной части бассейна Дона составляет около трех месяцев, в северной части бассейна он увеличивается до четырех при средней температуре наиболее холодного месяца от -4°C на юге до -9°C на севере (рисунок 3). На период с отрицательными среднесуточными температурами приходится 20-25% годовой суммы осадков.

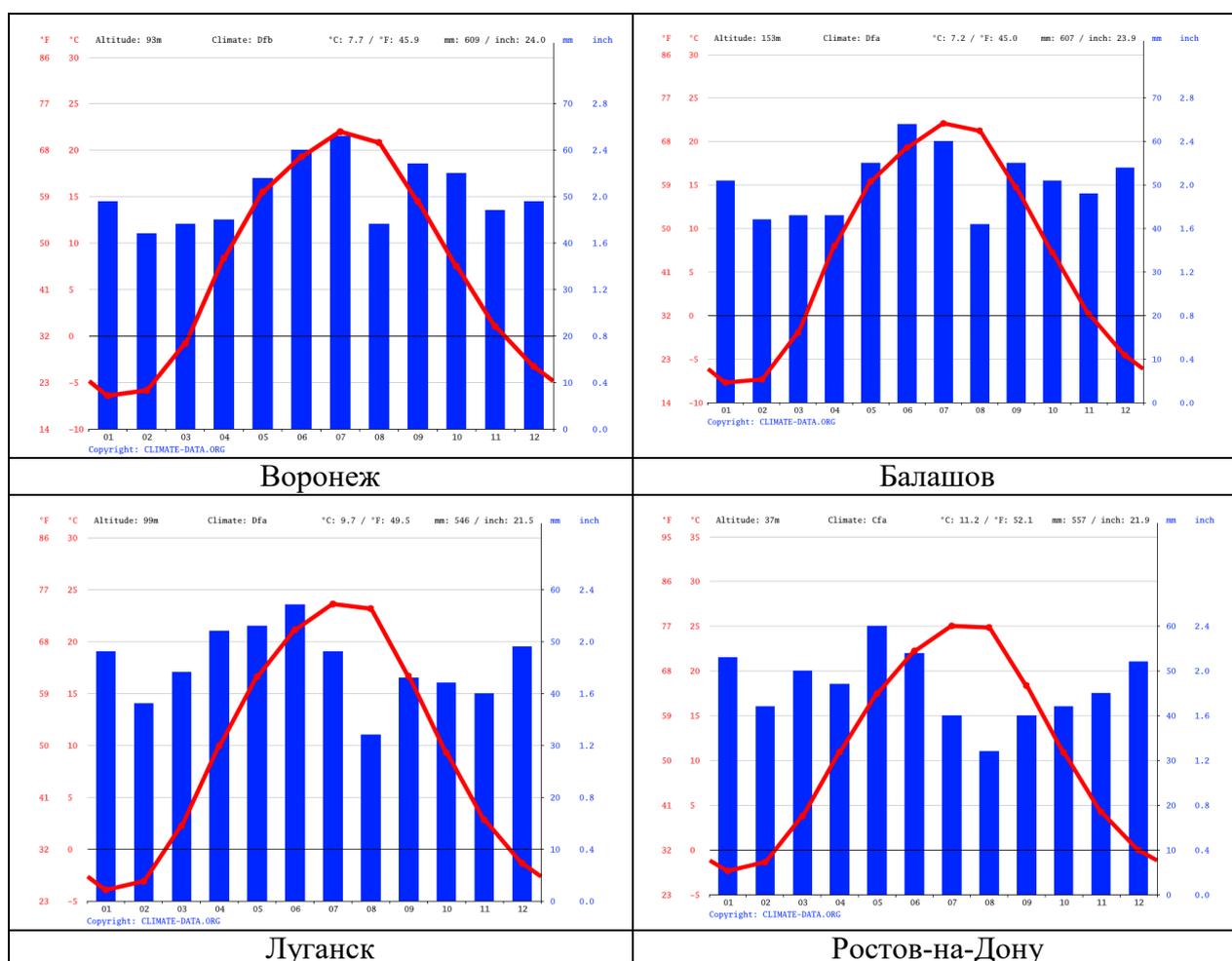


Рисунок 3. Климатодиаграммы бассейна Дона⁵

Зима в бассейне Дона характеризуется высокой неустойчивостью погодных условий, частыми сменами периодов морозных погод весьма продолжительными оттепелями (это подтверждается положительными

⁵ Составлено по данным сайта «Climate-Data.org» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.climate-data.org>

значениями средних максимумов большинства зимних месяцев), в ходе которых происходит срабатывание значительной части запаса воды в снеге.

Бассейн Северной Двины находится под влиянием воздушных масс с Северной Атлантики и Баренцева моря, оказывающих на него увлажняющее и в холодный период года отепляющее воздействие, а также воздушных масс, формирующихся над Карским морем (оказывают охлаждающее воздействие в любое время года) и над Западной Сибирью (зимой это холодные сухие, а летом – теплые сухие воздушные массы). Данная территория характеризуется заметно меньшими по сравнению с бассейном Дона среднегодовыми температурами: от $+1,7^{\circ}\text{C}$ (Сыктывкар) до $+2,3^{\circ}\text{C}$ (Великий Устюг). Примерно в 8% лет среднегодовые температуры отрицательны. Среднегодовые температуры возрастают преимущественно в направлении с востока на запад, температурный градиент «север-юг» выражен слабо.

Период с положительными среднесуточными температурами составляет менее шести месяцев в году, при этом с температурами выше $+10^{\circ}\text{C}$ – около четырех месяцев, а выше $+15^{\circ}\text{C}$ – менее двух месяцев. Период с отрицательными среднесуточными температурами составляет шесть месяцев и более, средняя температура наиболее холодного месяца – января повсеместно опускается ниже -12°C . Оттепели редки и непродолжительны, характерны, как правило, для начала и окончания холодного периода. За холодный период происходит значительное промерзание почв (на глубину более 1 метра, что препятствует просачиванию в них талых вод).

Количество осадков в пределах бассейна варьирует незначительно и составляет 600 – 700 мм в год, несколько возрастая в южном направлении (рис.4). При этом, такие суммы осадков в условиях низких температур и продолжительного холодного периода формируют по всей территории бассейна избыточное увлажнение. Осадки выпадают в течение всего года с максимумом в июне-июле. Часть максимума осадков накладывается на окончание периода снеготаяния, что удлиняет половодье и увеличивает

объем его стока. В период с отрицательными температурами выпадает около трети годовой суммы осадков в бассейне.

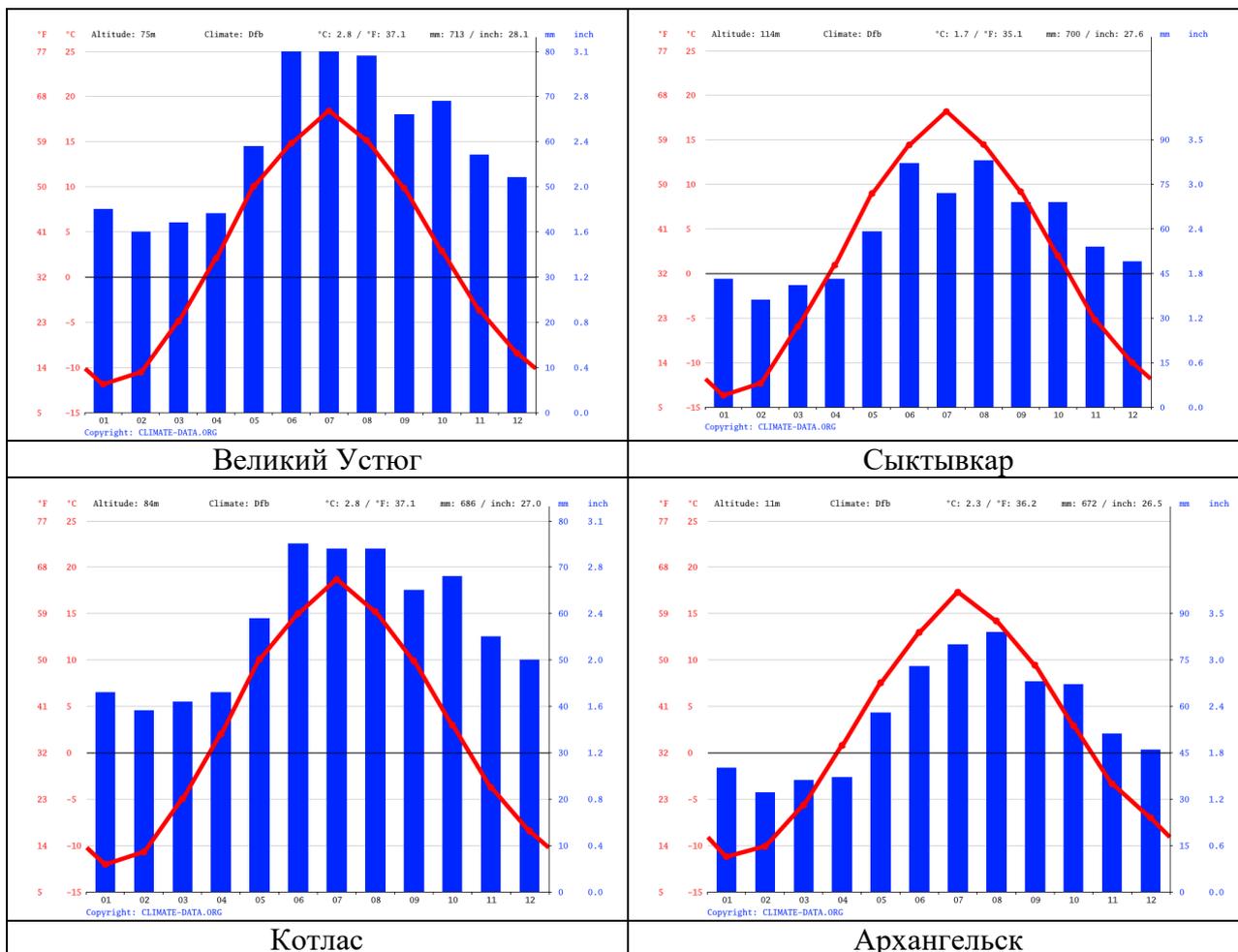


Рисунок 4. Климатодиаграммы бассейна Северной Двины⁶

Таким образом, климатические условия бассейна Северной Двины способствуют накоплению больших влагозапасов в снеге и срабатыванию их преимущественно в речной сток.

1.4. Характер подстилающей поверхности

Рассматриваемые бассейны существенно различаются по характеру и динамике природных и антропогенных ландшафтов и особенностям хозяйственного использования территории.

Бассейн Дона располагается в природных зонах лесостепи, степи (северной, типичной и сухой), также в нем имеются сравнительно небольшие

⁶ Составлено по данным сайта «Climate-Data.org» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.climate-data.org>

участки полупустынь. Преобладающими типами зональных почв в нем являются черноземы типичные и южные, серые лесные почвы (в северной части), каштановые почвы (на юго-востоке). Леса занимают менее 5% общей площади бассейна. Более трех четвертей водосборной площади здесь приходится на земли, активно используемые в хозяйственном обороте, преимущественно в сельском хозяйстве. Бассейн густо заселен. В его пределах размещаются три города с населением более 1 млн. человек (Воронеж и Ростов-на-Дону в Российской Федерации, Харьков – на Украине), вокруг которых сформировались крупные городские агломерации. Кроме того, в пределах бассейна Дона развита крупная городская агломерация Донбасса (большая часть за пределами России), в непосредственной близости от восточной границы бассейна находится город-миллионер Волгоград. Бассейн активно эксплуатируется широким спектром отраслей добывающей и перерабатывающей промышленности, транспортным комплексом, в последние десятилетия начинает все активнее использоваться и для въездного туризма. Как следствие, большая часть водосборной площади Дона подверглась глубоким антропогенным изменениям, существенно модифицирующим естественный поверхностный сток, пространственное распределение поля температур и осадков, как минимум, на микроуровне и местном уровне. Гидротехническими сооружениями, сбросом подземных вод и межбассеновыми перебросками воды изменен естественный сток абсолютного большинства крупных постоянных водотоков, в том числе и главной реки бассейна.

Для бассейна Северной Двины, который расположен в природной зоне тайги (подзоны северной и средней тайги) характерна высокая лесистость (около 70%) с преобладанием хвойных пород (ель, сосна, лиственница), что существенно влияет на режим стока и пространственно-временное перераспределение влагозапасов. Зональным типом почв здесь являются подзолистые. Широкое распространение имеют интразональные ландшафты: пойменные, болотные. По сравнению с бассейном Дона, бассейн Северной

Двины подвергся сравнительно небольшим антропогенным изменениям. Они преимущественно связаны с рубкой леса. Сельское хозяйство здесь развито слабо, носит очаговый характер, селитебная и промышленная нагрузка незначительны. Естественный сток гидротехническими сооружениями изменен в очень малой степени, эти изменения не затрагивают главную реку.

2. Подходы к сравнению влагозапасов водосборов

2.1. Основные способы определения влагозапасов на водосборе

Влагозапасы на водосборе формируются в том случае, если испарение и сток суммарно оказываются меньше, чем на него выпадает осадков. Это происходит в нескольких случаях, наиболее типичным из которых является консервация влагозапасов в снежном покрове. Подобное накопление влагозапасов характерно для периода с отрицательными температурами воздуха, когда отсутствует снеготаяние или его интенсивность невысока.

В настоящее время объемы влагозапасов в снеге на крупных территориях со значительно меняющимися в пространстве физико-географическими условиями (речных бассейнах крупных рек), оценивают, исходя из балансового подхода. В качестве отправного соотношения для определения влагозапасов используется универсальное уравнение водного баланса⁷.

Для любой реки, полностью дренирующий свой бассейн, для любого промежутка времени Δt справедливо следующие уравнения водного баланса (УВБ):

$$W = X - E \pm \Delta TWS ,$$

где X – слой осадков за рассматриваемый интервал времени (мм), E – слой испарения (мм), W – слой речного стока (мм), $\pm \Delta TWS$ – изменение бассейновых влагозапасов (мм).

Для рек умеренного пояса, в котором происходит чередование теплого и холодного сезонов, причем, продолжительность теплого и переходных сезонов больше продолжительности холодного сезона, годовой цикл стока (в самом общем виде) включает в себя три стадии:

- Накопления влагозапасов – период, когда речной сток и испарение суммарно меньше объема выпадающих осадков (это холодный период,

⁷ Материалы семинара по расчетам водного баланса речных бассейнов.— Валдай , изд. ГГИ , 1967, 286 с.

в котором испарение минимально за счет низких температур, а сток низок из-за того, что вода осадков находится в твердом состоянии);

- Расходования влагозапасов (половодье), когда сток формируется не только за счет выпадающих в конкретный момент времени осадков, но и части влагозапасов, которая становится доступной для стока;
- Сток без влагозапасов – теплый период после половодья, в который сток формируется только за счет жидких осадков, выпадающих в конкретный момент времени.

В период формирования влагозапасов (зимний период), когда разница между твердыми осадками и испарением за Δt составляет изменение влагозапаса в снежном покрове (ΔS), при отсутствии водоотдачи из снежного покрова справедливо:

$$W = S - TWS .$$

Отсюда:

$$S = W - TWS,$$

Иными словами:

$$S = X - E - W$$

С учетом того, что суммы выпадающих осадков и слой стока являются величинами, оцениваемыми по данным регулярных измерений, оценка влагозапасов в снеге в речном бассейне на конкретную дату может быть выполнена корректно, если известен слой испарения. Вместе с тем, определение слоя испарения в холодный период является весьма сложным, поскольку его возможно выполнить только опосредованными (расчетными) способами, так как измерения на испарителях в зимний период не ведутся. При этом, единые зависимости испарения от некоей группы регулярно измеряемых метеорологических величин в настоящее время не выявлены (хотя для ряда речных бассейнов эмпирически установлены устойчивые взаимосвязи между объемом испарения снега и температурой, величиной абсолютной и относительной влажности, скоростью ветра и пр.). Как

следствие, и единой методики прогнозирования и учета влагозапасов в снеге в настоящее время нет. На практике в большинстве своем используются расчеты влагозапасов на основании данных снегомерных съемок на отдельных станциях, которые затем интерполируются на бассейн в целом.

Особенностью снежного покрова, как носителя влагозапасов, является то, что его свойства не являются постоянными, особенно на больших территориях с заметными различиями в физико-географических условиях. Часть воды из снежного покрова испаряется, частично снежный покров перевевается, частично - тает во время оттепелей и в часы с положительной температурой воздуха (или же в солнечные дни со слабоотрицательной температурой на хорошо освещаемых и прогреваемых склонах). В ходе зимы снежный покров переуплотняется. Часть влаги, полученная при таянии снежного покрова, идет на увлажнение почвы или просачивается в подземные горизонты. Соответственно, объем влагозапасов, накапливающихся в снежном покрове к началу половодья, оказывается несколько меньшим, чем объем осадков, выпадавших на водосборе за период с отрицательными температурами. Кроме того, само срабатывание влагозапасов происходит не мгновенно – это процесс, заметно растянутый во времени. Его продолжительность зависит от целого комплекса факторов: широтного положения бассейна, его размеров, преобладающих абсолютных высот, расположения относительно теплонесущих воздушных потоков, вертикальной расчлененности, экспозиции и крутизны склонов, характера растительного покрова, объема выпадавших за зиму осадков, продолжительности и интенсивности оттепелей, скорости нарастания температуры воздуха весной и пр. В начальный момент снеготаяния образовавшиеся порции воды идут на заполнение углублений рельефа, а при оттаивании деятельного слоя инфильтруются в почву. И только после того, как почва насытится водой, а неровности местности заполнятся талым снегом, «лишняя» вода начнет стекать по склону в русло реки, образуя склоновый сток. В результате повышенной инфильтрации воды в почву при

снеготаянии перехватывается часть объема стока, который не входит в объем весеннего половодья и уменьшает его величину. Вследствие этого закономерным фактом становится смещение максимумов весеннего стока на более поздние сроки⁸. Как следствие, на одном и том же водосборе временные границы начала и окончания половодья, а также объемы стока, проходящего в период половодья, заметно варьируют от сезона к сезону. Размеры и широтно-высотное положение бассейна являются одними из наиболее заметно влияющих на продолжительность половодья факторов. На крупных реках с водосборными бассейнами площадью в сотни тысяч км² и протяженностью с севера на юг в десятки градусов широты продолжительность периода половодья может составлять два-три месяца. За это время реки расходуют на сток не только влагозапас, содержащийся в снеге, но и осадки, выпадающие в течение периода половодья. Одновременно происходит испарение, как выпавших осадков, так и части влаги, содержащейся в сформировавшемся за зиму влагозапасе. Поэтому рассмотрение слоя стока, прошедшего в половодье, в качестве величины влагозапаса весьма условно и верно только в первом приближении.

Вопрос изменчивости величин бассейновых влагозапасов пока недостаточно изучен. Вероятно, они близки к изменчивости объема воды в проточном водоеме, однако имеют более сложный характер связи с отсутствием четкой взаимосвязи между величиной бассейновых влагозапасов с одной стороны и величинами речного стока и испарения с другой⁹. В связи с этим теоретическая (расчетная) оценка влагозапасов и констатация их величины по объему стока в половодье носят приблизительный характер. Однако, и они дают возможность отследить долговременные тенденции реакции речного стока на глобальные или крупнорегиональные изменения климата.

⁸ . Водные системы суши. Глава 4.1 / В. Ю. Георгиевский и [др.] // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – Москва : Росгидромет. – 2014. – С. 350-361.

⁹ Григорьев В.Ю., Фролова Н.Л., Джамалов Р.Г. Изменение водного баланса крупных речных бассейнов Европейской части России // Водное хозяйство, №4, 2018 – с. 36 - 47

2.2. Сравнимость влагозапасов различных водосборов

Как уже говорилось выше, влагозапасы даже в одном и том же речном бассейне – величина непостоянная, обусловленная действием целого набора факторов, часть которых постоянно меняется. Их объем и характер срабатывания трудно поддаются оценке и прогнозированию. Поэтому даже в условиях одного речного бассейна сравнение влагозапасов различных лет имеет определенные сложности. Для крупных речных бассейнов, каждый из которых представляет собой систему с собственным набором потоков вещества и энергии, выраженными особенностями их пространственно-временного распределения, такое сравнение, выполняемое только на основе сопоставления абсолютных и производных от них относительных величин, и вовсе представляется некорректным.

В то же время влагозапасы в речном бассейне – это не только результат его функционирования, как геосистемы, но и одно из материальных проявлений его взаимодействия с окружающим пространством и геосистемами более высоких рангов. Соответственно, такие взаимодействия носят качественный характер и могут проявляться в виде неких долговременных тенденций (общего изменения объемов влагозапасов, периода их накопления и срабатывания и пр.), способных играть роль индикаторов глобальных и крупнорегиональных процессов. В этом отношении (качественных изменений) влагозапасы разных крупных речных бассейнов вполне сравнимы.

Наиболее простым способом сравнения долговременных тенденций изменения влагозапасов и их срабатывания для различных бассейнов является использование наборов графиков годового стока/расхода, как показателей смещения половодья, а также сопоставление линейных трендов прохождения пиков половодья.

3. Сравнение динамики влагозапасов водосборов Дона и Северной Двины за 2008 – 2019 гг.

Основной гипотезой исследования явилось предположение о том, что в условиях глобальных изменений климата, прежде всего, наблюдающегося в последние десятилетия его потепления, происходит сокращение продолжительности холодного периода, учащение и увеличение продолжительности оттепелей, что ведет к сокращению доли твердых осадков в их общем количестве, возрастанию испарения со снежного покрова и срабатыванию его части в виде поверхностного и подземного стока. Это ведет к общему снижению влагозапасов в речном бассейне, сокращению периода половодья и снижению абсолютных величин слоя стока. Поскольку климатические изменения носят глобальный характер, этот процесс должен в той или иной мере проявиться в речных бассейнах, находящихся в разных физико-географических условиях.

Наблюдаемые тенденции изменения водного режима рек бассейна Дона в весенний период достаточно широко освещены в литературе. Доля стока половодья сокращается, уменьшаются максимальные расходы воды. Слой стока половодья в верховьях Дона сократился вдвое. В среднем для бассейна уменьшение слоя стока составляет 20 – 40 %¹⁰.

¹⁰ Киреева М.Б, Фролова Н.Л. Современные особенности весеннего половодья рек бассейна Дона // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2013. — № 1. — С. 60–76.

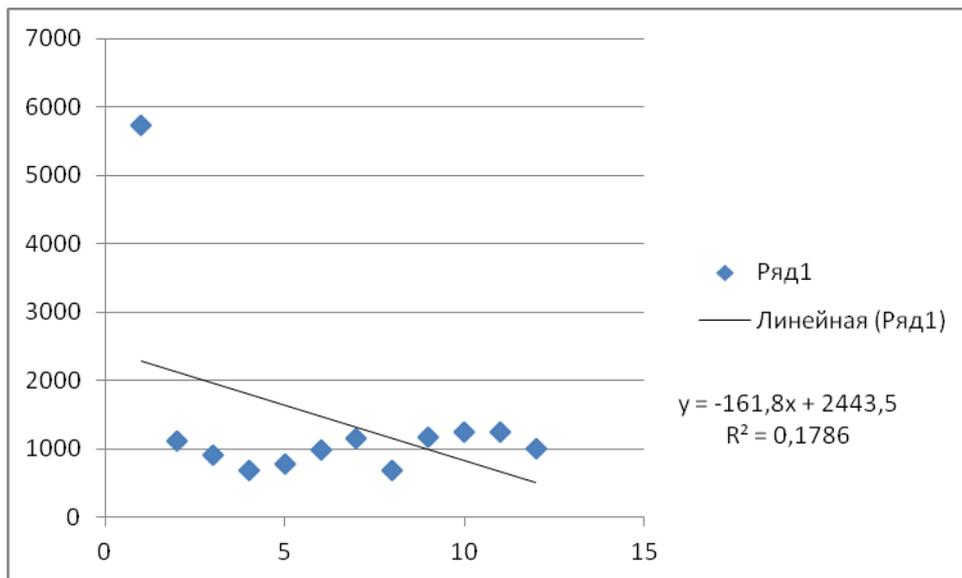
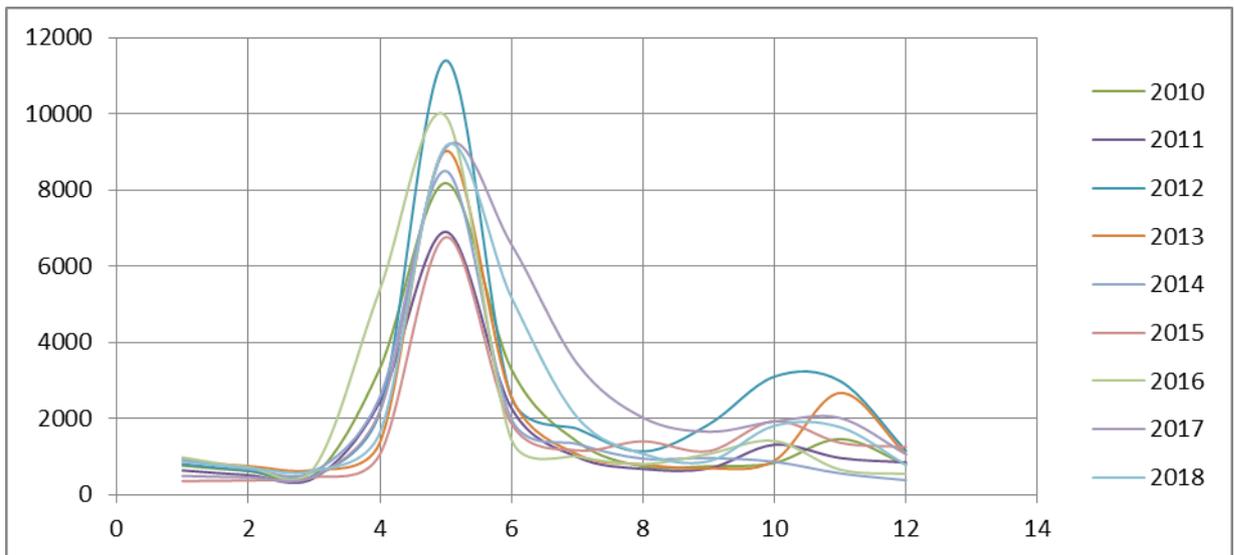


Рисунок. Расходы Усть-Пинега март (2008 – 2019)

Форма 15. Расход воды рек, ручьев, каналов, куб. м/с												
Среднесуточные расходы воды рек, ручьев, каналов по постам , куб. м/с												
Условия выбора данных:												
Год: 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008												
Бассейновый округ: Двинско-Печорский бассейновый округ												
Бассейн: Северная Двина												
Условные обозначения												
Символ	Описание											
"	наибольший и наименьший расход за месяц											
^	наибольший расход за месяц											
_	наименьший расход за месяц											
ю	пониженная точность измерения											
Код поста	70066											
Год	2008											
Река-пост	Сев. Двина - р.Северная Двина - д.Абрамково											
Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	574	454 ^	428	554 _	7350	9020 ^	2170	1130	1530 _	1610	2380	
2	578 ^	450	428	592	7250 _	8460	2240	1100	1660	1540	2340	
3	578 ^	438	428	623	7250 _	7850	2250 ^	1060	1820	1500	2300	
4	570	438	428	644	7370	7250	2190	1050	1960	1460	2270	
5	566	440	424	680	7560	6740	2100	1040	2140	1440 _	2250	
6	558	434	428	722	7800	6370	1990	1030	2340	1440 _	2250	
7	558	434	428	770	7970	6080	1910	1030	2520	1470	2270	
8	558	431	425	819	8090	5800	1850	997	2680	1510	2320	
9	544	424	413	888	8220	5470	1800	990	2830	1540	2360	
10	544	424	413	975	8260	5110	1770	990	2920	1600	2390	
11	536	427	413	1070	8240	4640	1920	975	2970 ^	1660	2380	
12	540	427	409	1190	8120	4140	2130	968	2970 ^	1730	2340	

13	536	424	409	1360	7920	3660	2250 ^	983	2960	1790	2290	
14	519	424	397	1660	7680	3240	2240	997	2940	1910	2250	
15	519	420	400	2320	7590	2950	2160	1000	2890	2010	2230	
16	515	420	403	4300	7520	2740	2060	997	2850	2100	2270	
17	515	420	397	6240	7590	2580	1980	997	2800	2190	2320	
18	511	417 _	384 _	7300	7780	2470	1900	983	2760	2270	2400	
19	494	417 _	391	7270	8160	2360	1800	983	2700	2320	2490	
20	490	425	391	6910	8640	2250	1700	975 _	2630	2380		
21	484	424	394	6520	9190	2170	1610	975	2550	2420		
22	486	424	396	6520	9710	2110	1530	990	2460	2460		
23	486	431	403	6680	10300	2050	1450	1010	2360	2490		
24	474	431	403	7130	10800	2000	1400	1030	2260	2500 ^		
25	474	431	422	7680	11300 ^	1980 _	1360	1060	2160	2500 ^		
26	470	434	445	8000	11300 ^	1990	1330	1120	2050	2490		
27	470	434	459	8120 ^	11100	1990	1300	1180	1970	2460		
28	466	434	462	8070	10700	2020	1270	1210	1870	2440		
29	454 _	438	479	7850	10400	2070	1220	1250	1770	2420		
30	457	-	503	7560	9980	2110	1180	1340	1680	2420		
31	454 _	-	528 ^	9530			1140 _	1460 ^		2420		
Декада												
1	563	437	424	727	7710	6820	2030	1040	2240	1510	2310	
2	518	422	399	3960	7920	3100	2010	986	2850	2040		
3	470	431	445	7410	10400	2050	1340	1150	2110	2460		
Средн.	515	430	424	4030	8730	3990	1780	1060	2400	2020		
Наиб.	578	454	532	8120	11300	9170	2260	1480	2970	2500		
Наим.	454	417	384	554	7230	1980	1130	968	1510	1440		

Северная Двина - Абрамково												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2008	515	430	424	4030	8730	3990	1780	1060	2400	2020	2321	
2009		747	649	752	7060	4650	2070	1150	940	2150	1520	
2010	761	618	517	3320	8180	3290	1390	740	742	832	1460	793
2011	635	510	437	2440	6900	2270	987	673	687	1310	960	845
2012	798	629	499	2180	11400	2550	1730	1130	1840	3100	2980	1150
2013	870	750	648	1370	9020	2570	1060	791	685	893	2670	1060
2014	923	674	611	2570	8500	1980	1330	944	961	862	556	379
2015	355	372	454	1060	6760	1860	1160	1400	1140	1930	1360	1250
2016	974	721	702	5390	9940	1440	1000	799	1070	1410	653	542
2017	489	455	481	2190	9100	6570	3440	2020	1650	1920	2010	1060
2018	860	700	624	1630	9150	5180	2030	1070	875	1810	1770	779
2019	651	543	535	2570	8980	2730	2100	3740	2150	3360		

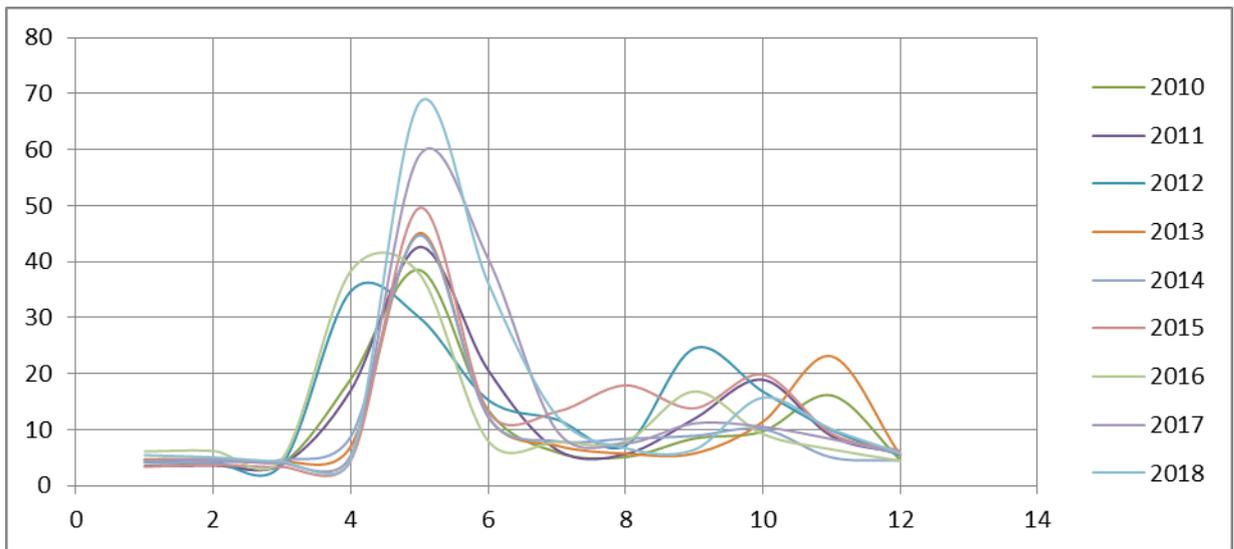


р.Северная
Двина - д.Звоз

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2008	783	677	653	5100	11100	5070	2320	1310	2890	2720	3235	842
2009	1210	1060	821	993	9680	5510	2620	1520	1080	2720		
2010	1260	823	644	4340	10200	3970	1830	842	909	980	1810	1070
2011	880	674	580	2630	8890	2800	1240	772	842	1790	1250	1240
2012	1040	717	529	2170	14000	3150	2170	1360	1860	3860	3840	1520
2013	1310	1010	864	1840	11100	3410	1300	966	801	1020	3540	1370
2014	1410	996	934	3590	11100	2910	1850	997	1030	828	782	687
2015	539	494	579	1630	8360	2600	1390	1700	1470	2730	2330	2290
2016	1610	1020	996	6170	11400	1990	1260	997	1340	1910		
2017						8380	4760	3040	2400	2960		
2018					11800	6180	2870	1230	982	2540		
2019					11100	3560	2470	4300	2940			

р.Вычегда -
д.Пузла

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2008	4.04	4.17	4.4	7.53	55.5	16.6	6.78	13.5	24.5	12.4	14.6	7.74
2009	4.72	4.64	4.77	4.59	54.4	24.4	12.8	6.84	6.76	14.7	7.51	5.39
2010	4.18	3.83	3.96	19	38.5	13.5	5.97	5.09	8.4	9.69	16.1	4.62
2011	3.51	3.6	3.75	17	42.6	20.6	6.39	5.61	11.9	18.9	8.86	5.76
2012	4.56	4.19	3.83	34.7	30	15.3	11.8	7.14	24.5	16.8	9.92	5.42
2013	4.69	4.77	4.27	6.99	45.1	12.3	7.15	5.71	5.73	11.4	23.1	5.46
2014	4.06	4.24	4.64	8.73	44.7	12.3	7.94	8.38	8.88	10.1	5.03	4.53
2015	3.35	3.73	3.34	4.43	49.6	13.2	13.2	17.9	13.8	19.8	9.31	6.25
2016	6.11	6.19	4.77	38.3	37.8	7.98	7.76	7.91	16.8	9.21	6.48	4.45
2017	4.48	4.67	3.97	5.4	59	40.5	9.81	7.52	11.1	10.5	8.32	5.66
2018	5.43	5.05	4.34	4.77	68.4	36.2	12.5	6.69	6.41	15.7	10.1	5.83
2019	5.68	5.13	5.73	5.97	59.7	17.3	25.3	18.4	9.41	24.5	11.2	7.73



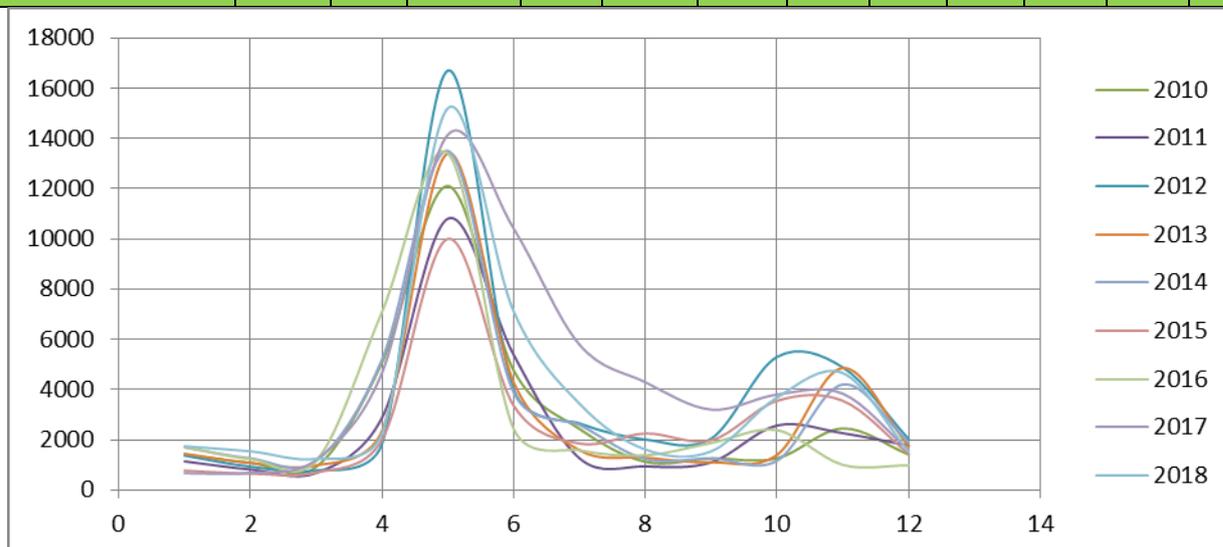
**р.Вычегда -
с.Помоздино**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2008	23.9	22.3	23.5	46.1	245	81.9	33.5	67.4	125	51.7	73.7	43.7
2009	26.3	23.7	24	26.1	243	97.1	58	28.4	27.7			
2010					166	61.8	26.5	24.2	31.9	36.8	73.9	34.4
2011	23.5	21.5	21.2	90.8	194	77.7	32.1	25.4	41.2	77.5	39	30.3
2012	25.3	22.1	21.6	133	170	72.6	34.3	27.4	87.9	70.7	42.6	39.4
2013	25.6	25.6		45.5	226	47.4						
2014				64.4	194	50.3	35.2	27.9	26.9	33.4	21.3	19.3
2015	20.8	23.5	18.9	31.5	213	59.9	44.7	79.4	40.3	76.3	24.6	23.5
2016	20.7	20.9	21.6	169	155	33.8	28.3	31.1	55.7	37.2	20.3	19.9
2017	21.5	21.5	20.4	37.3	264	174	42.6	39.4	66.1	54.4	43.8	29.6
2018	25.3	22.5	22.7	21.6	294	139	52	34.2	31.3	60.2	51.5	23.3
2019	22.2	20.1	20.7	33.8	256	74.6	142	85.1	43.6	97.5	47.6	33.4

**р.Вычегда -
с.Малая Кужба**

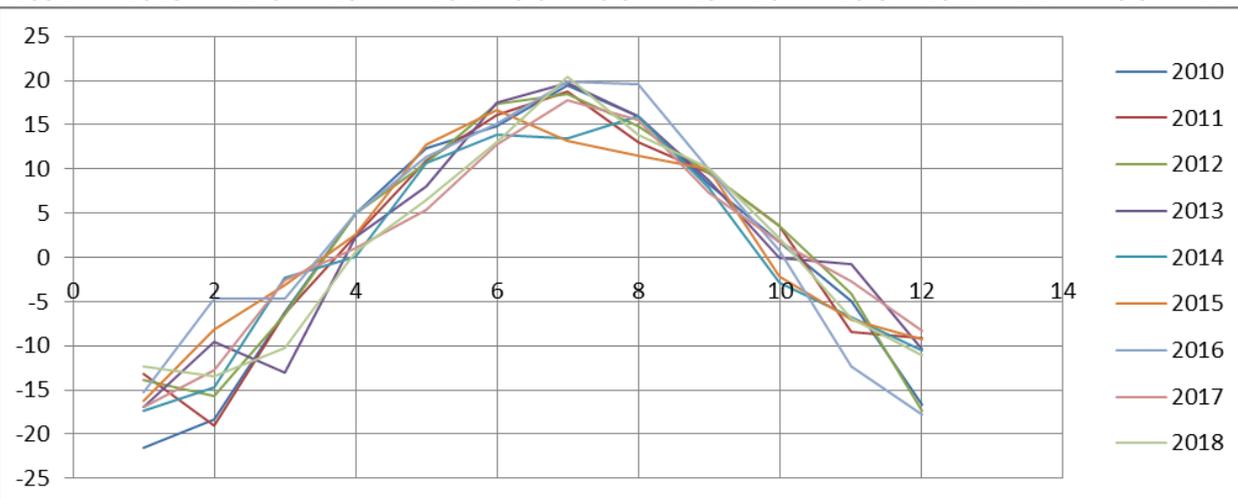
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2008	84.3	74.4	72.8	379	1160	385	111	127	377	234	257	185
2009	100	78.5	83.8	95.1	1240	534	354	110	93.6	257		
2010		76.2	67.6	329	1050	345	110	86.4	94.9	106		
2011				946	382	129	90	119	270			
2012				996	308	139	112	407	350	209	114	
2013	86.9	79.6	70.5	127	1160	259	108	74.6	73.3	165	543	122
2014	84	70.3	72	240	1090	221	127	93.3	139	190	112	66.2
2015	63.3	59.7	63.4	159	1100	239	201	326	195	273	136	116
2016	90.3	77.5	80.1	691	1220	153	112	110	250	191	90.1	68.9
2017	66.5	58.2	63.1	197	1560	842	209	204	169	222	215	109
2018	109	83.4	78.2	96.2	1320	1030	277	112	98.3	277	290	140
2019	79.7	66.8	86.7	148	1370	333	648	594	270	516	280	150

р.Северная Двина - с.Усть-Пинега												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2008	934	912	781	573	1430	6910	333	187	412	416	547	
2009	1671	139	1110	120	1210	7040	344	223	168	385	388	
2010	1416	108	921	508	1210	4750	243	112	125	126	245	141
2011	1140	817	680	288	1080	5370	125	941	110	257	226	177
2012	1370	930	778	185	1670	3980	265	201	205	530	488	202
2013	1440	108	979	236	1340	4270	158	129	110	140	486	173
2014	1701	126	1160	520	1350	3870	259	123	126	116	420	189
2015	769	650	696	201	1000	3350	185	225	198	355	354	143
2016	1703	123	1170	710	1340	2420	158	138	187	238	100	983
2017	666	677	1205	467	1414	1040	578	429	320	380	383	159
2018	1740	154	1240	225	1520	7100	343	161	154	368	465	151
2019	1156	102	997	372	1360	4550	277	509	394	614		



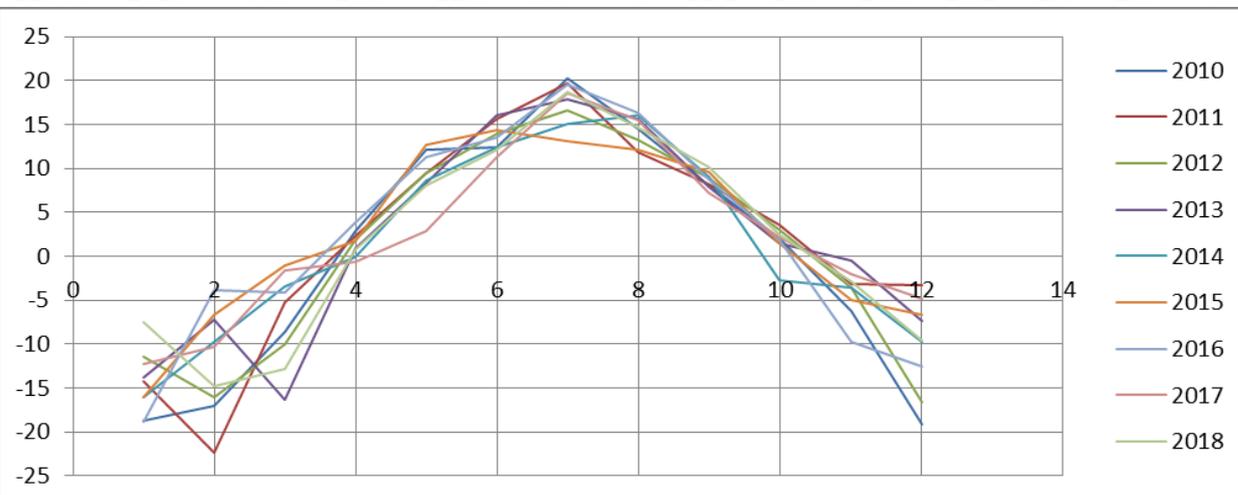
Израиль

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23914	2010	-21.5	-18.3	-6.2	4.9	12.4	14.8	19.5	15.9	8.3	1.8	-5	-16.7
23914	2011	-13.2	-19	-6.3	2.4	11	16.1	18.7	13.1	9.5	3.5	-8.5	-9.1
23914	2012	-13.9	-15.7	-6.5	4.9	10.7	17.3	18.4	14.9	9.6	3.6	-4.1	-17.3
23914	2013	-17	-9.6	-13	2.3	8	17.5	19.7	16	8.7	-0.1	-0.7	-10.4
23914	2014	-17.4	-14.7	-2.3	0.1	10.6	13.9	13.4	16	7.9	-2.9	-6.7	-10.5
23914	2015	-16.2	-8.1	-3.2	2.6	12.8	16.6	13.2	11.5	9.9	-2.2	-7	-9.2
23914	2016	-15.2	-4.7	-4.7	5	11.4	15.1	19.9	19.6	9.9	0.7	-12.4	-17.8
23914	2017	-16.9	-12.7	-2.6	1	5.3	12.8	17.8	15.6	7.3	1.7	-2.7	-8.3
23914	2018	-12.3	-13.4	-10.2	0.6	6.5	13	20.4	13.8	10.1	2.2	-6.9	-11.1



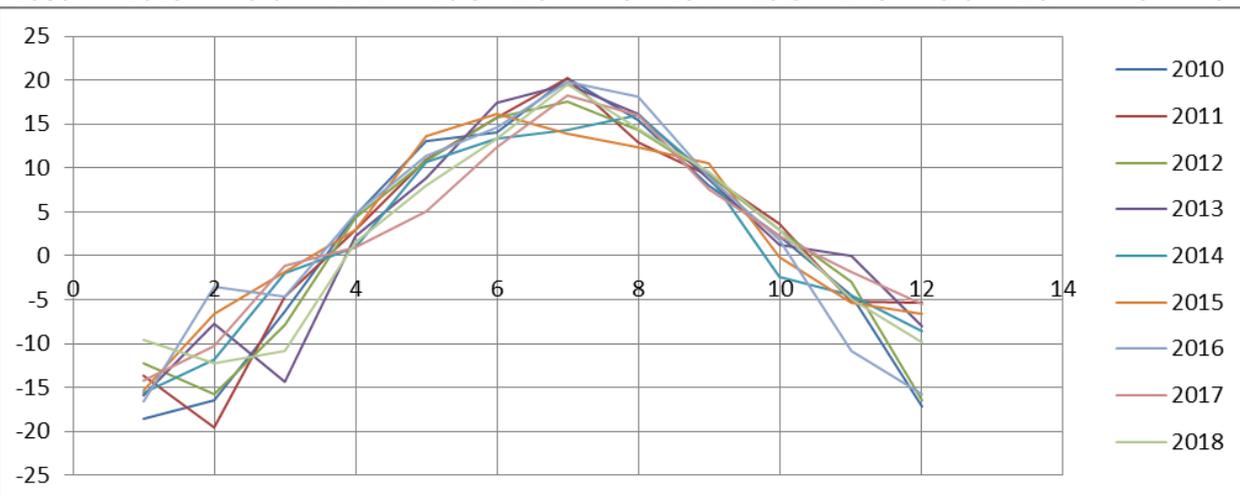
Сура

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22676	2010	-18.7	-17.1	-8.6	2.9	12.1	12.4	20.3	14.5	8.1	2	-6.3	-19.2
22676	2011	-14.2	-22.4	-5.3	2.3	9.5	15.6	19.7	11.8	8.2	3.5	-3.1	-3.3
22676	2012	-11.5	-16	-10	1.9	9.4	13.9	16.6	13.2	8.9	3	-3.6	-16.6
22676	2013	-13.8	-7.2	-16.3	0.9	8.3	16.1	17.9	15.6	7.9	1.5	-0.5	-7.4
22676	2014	-16.1	-9.8	-3.5	-0.1	8.6	12.4	15.1	16.1	9	-2.7	-3.6	-9.7
22676	2015	-16	-6.7	-1	1.7	12.7	14.3	13.1	12.1	9.6	1.4	-5	-6.7
22676	2016	-18.9	-3.9	-4.2	3.8	11.3	13.5	19.5	16.3	8.8	1.9	-9.8	-12.5
22676	2017	-12.3	-10.3	-1.6	-0.6	2.8	11.3	18.6	15.5	7.2	2.1	-2	-4.9
22676	2018	-7.5	-14.8	-12.9	0.8	8	12.1	18.7	14.6	10.1	2.4	-2.9	-9.6



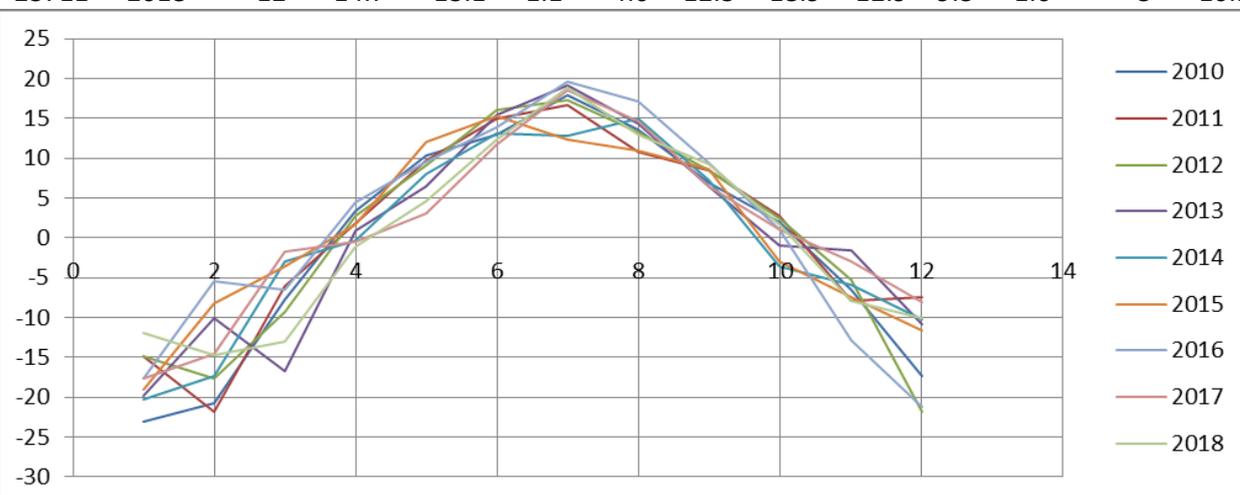
Сыктывкар

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23804	2010	-18.6	-16.4	-6.3	4.6	13.1	14	20.3	15.5	8	2.2	-4.5	-17.2
23804	2011	-13.6	-19.6	-4.7	2.9	10.9	15.8	20.2	12.9	9.2	3.7	-5.2	-5.4
23804	2012	-12.3	-15.8	-7.9	4.3	10.8	15.8	17.5	14.4	9.3	3	-3	-16.5
23804	2013	-15.9	-7.7	-14.4	2.2	8.9	17.4	19.5	16.2	8.7	1.3	0	-8
23804	2014	-15.6	-11.8	-2	1	10.7	13.4	14.4	16	9.2	-2.4	-4.5	-8.6
23804	2015	-15.3	-6.6	-1.8	2.9	13.6	16.2	13.9	12.4	10.5	-0.2	-5.3	-6.6
23804	2016	-16.6	-3.5	-4.7	4.8	11.4	14.6	19.8	18.1	9	1.8	-10.9	-15.8
23804	2017	-14.2	-10.3	-1.2	1	5	12.4	18.3	16	7.6	2.3	-1.8	-5.5
23804	2018	-9.6	-12.2	-10.8	1.6	8	13.4	19.5	14.5	9.6	2.9	-4.9	-9.8



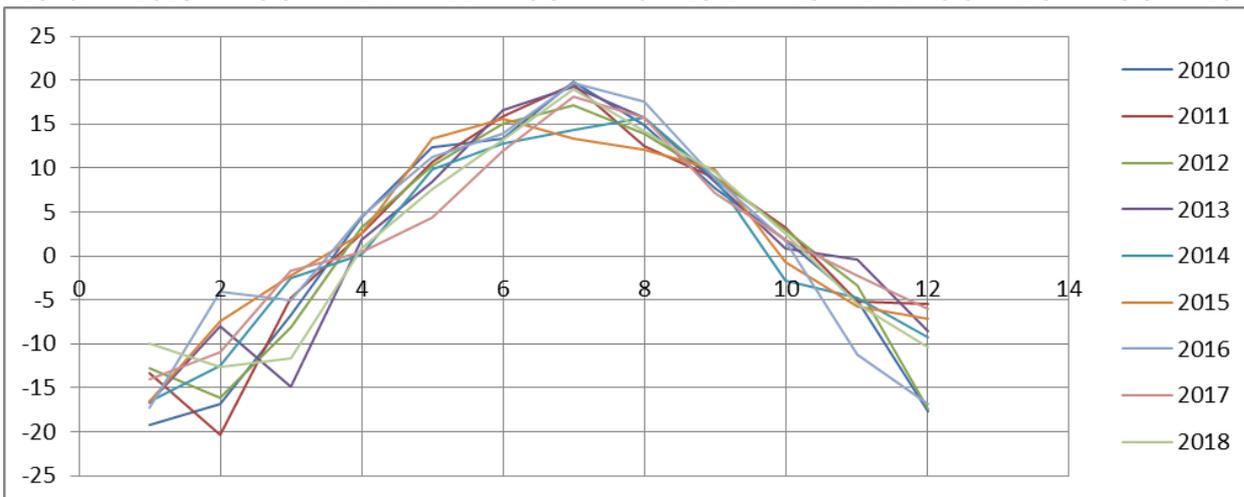
Троицко-Печорское

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23711	2010	-23.1	-20.8	-7.8	3.4	10.3	13	17.9	13.5	6.9	2	-6.6	-17.4
23711	2011	-14.9	-21.9	-6.1	1.8	9.7	15	16.7	10.8	8.5	2.7	-7.9	-7.5
23711	2012	-14.9	-17.6	-9.3	2.7	9.1	16.1	17.3	13.2	8.5	2.4	-5.3	-21.8
23711	2013	-19.8	-10.1	-16.7	0.9	6.5	15.4	19.1	14.4	6.4	-0.9	-1.6	-10.9
23711	2014	-20.3	-17.4	-3	-0.4	8	13.1	12.8	14.9	7.2	-3.6	-5.9	-10.3
23711	2015	-19	-8.3	-3.6	1.6	12	15.2	12.3	11	8.7	-2.9	-7.5	-11.6
23711	2016	-17.6	-5.5	-6.6	4.5	9.6	13.9	19.6	17.2	9.4	1	-12.9	-21.3
23711	2017	-17.7	-14.6	-1.8	-0.5	3.1	11.7	18.6	14.6	6.5	1.1	-2.9	-8.1
23711	2018	-12	-14.7	-13.1	-1.1	4.6	12.3	18.9	12.9	9.3	1.6	-8	-10.1



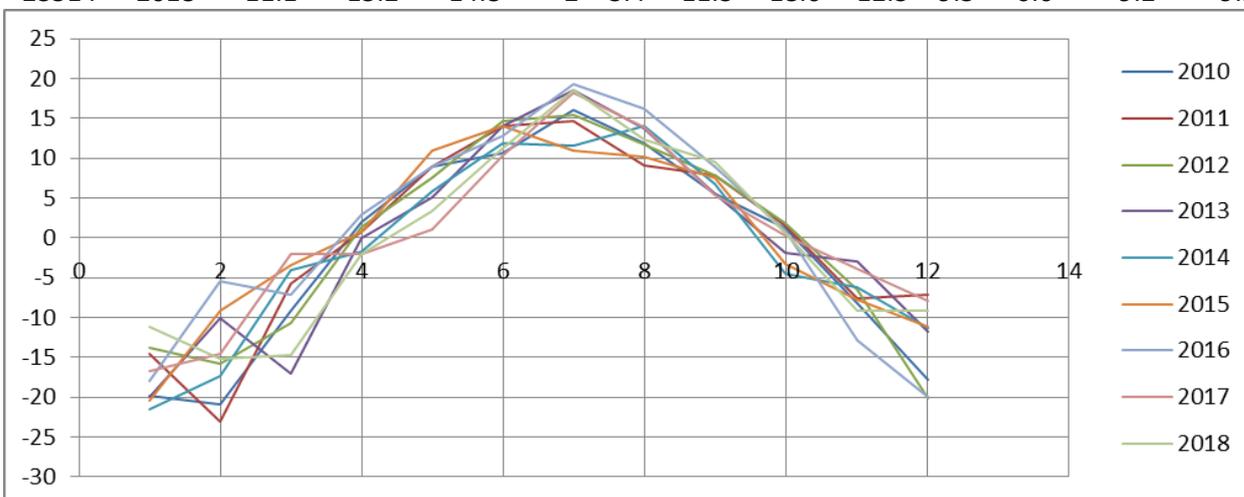
Усть-Вымь

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23707	2010	-19.2	-16.9	-6.8	4.3	12.4	13.3	19.8	14.9	7.7	1.9	-5	-17.7
23707	2011	-13.4	-20.4	-4.7	2.5	10.7	15.9	19.5	12.5	8.9	3.3	-5.2	-5.4
23707	2012	-12.8	-16.2	-8.2	3.3	10.2	15.1	17.2	13.9	9	2.9	-3.4	-17.4
23707	2013	-16.7	-8	-14.9	1.9	8.4	16.6	19.2	15.8	8.5	0.8	-0.4	-8.6
23707	2014	-16.6	-12.5	-2.5	0.1	9.8	12.8	14.3	15.8	8.9	-2.8	-4.8	-9.3
23707	2015	-16.5	-7.4	-2.3	2.6	13.4	15.6	13.4	12.1	9.8	-0.7	-5.8	-7.1
23707	2016	-17.2	-4	-5	4.5	11.2	13.9	19.7	17.6	8.9	1.7	-11.2	-16.8
23707	2017	-14.1	-10.9	-1.7	0.4	4.4	12	18.2	15.7	7.2	1.9	-2.2	-6
23707	2018	-9.9	-12.7	-11.7	0.9	7.6	13.2	19	14.2	9.5	2.5	-5.5	-10.4



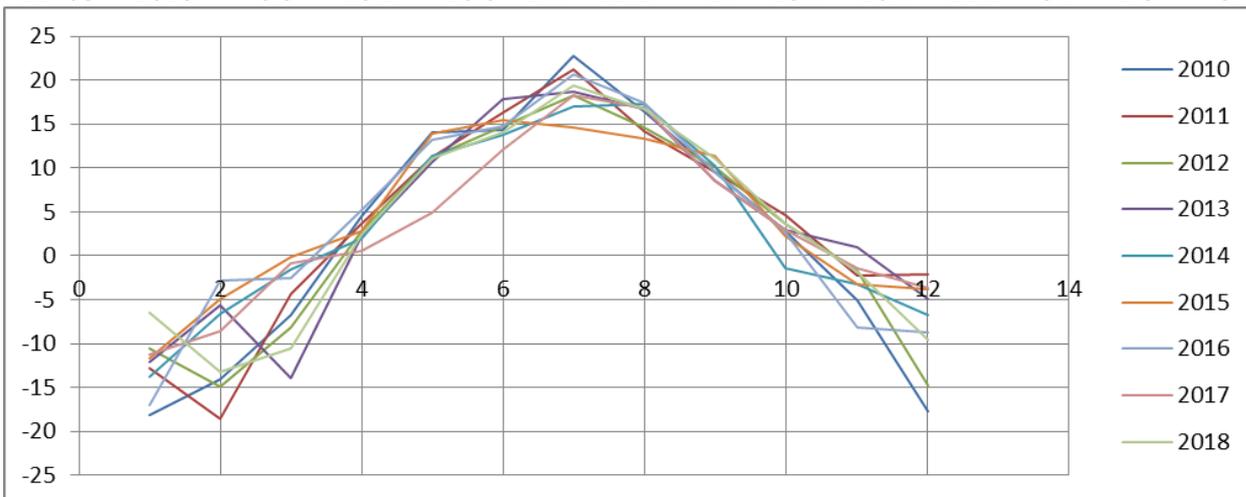
Чердынь

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23514	2010	-19.8	-20.9	-9.2	1.9	9	10.6	16	11.8	5.6	1.2	-8.2	-17.8
23514	2011	-14.6	-23.1	-5.7	0.7	8.9	14	14.6	9.1	7.9	1.5	-7.6	-7.2
23514	2012	-13.8	-15.8	-10.7	1.4	7.5	14.7	15.4	11.7	7.9	1.8	-6.5	-20.1
23514	2013	-20	-10.1	-17.1	0	5.1	14.1	18.6	13.8	5.5	-1.9	-2.9	-11.8
23514	2014	-21.5	-17.4	-4.1	-1.8	5.8	11.9	11.5	14	6.8	-4.5	-6.2	-11.3
23514	2015	-20.4	-9.1	-3.5	0.8	11	14	10.9	10.2	7.6	-3.3	-7.7	-11.1
23514	2016	-17.9	-5.4	-7.2	2.9	9	12.8	19.3	16.2	8.9	0.9	-12.9	-20
23514	2017	-16.8	-14.6	-2.1	-2	1	10.3	18.2	13.9	5.4	0.3	-3.9	-8
23514	2018	-11.1	-15.2	-14.8	-2	3.4	11.3	18.6	12.3	9.5	0.6	-9.2	-9.2



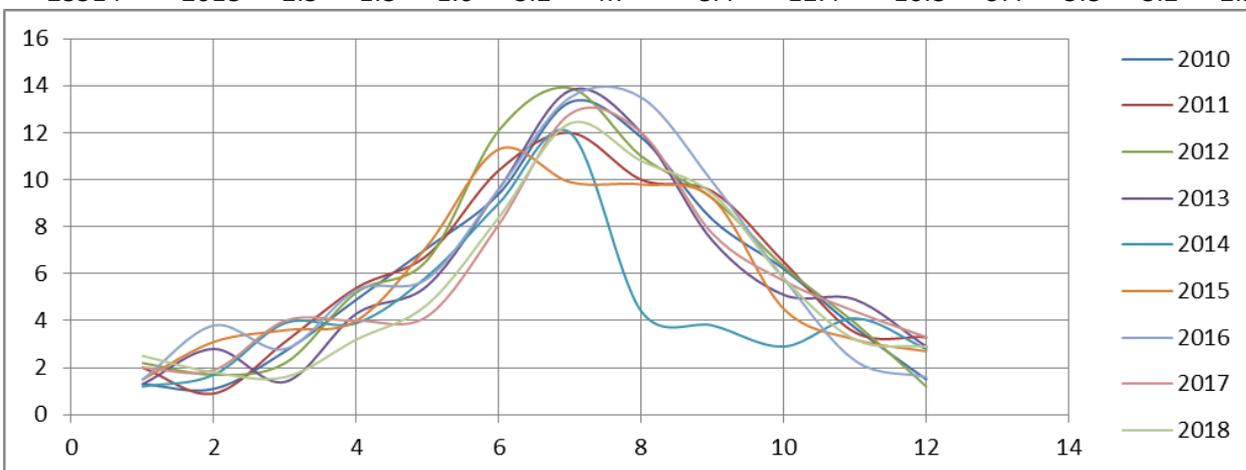
Шенкурск

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22768	2010	-18.2	-14.1	-6.8	4.5	14	14.3	22.7	16.5	9.6	2.8	-5.1	-17.7
22768	2011	-12.8	-18.5	-4.3	3.6	11.3	16.3	21.2	14.2	9.5	4.7	-2.2	-2.1
22768	2012	-10.5	-14.9	-8.2	2.8	11.2	14.8	18.3	14.6	10.1	3.6	-1.7	-14.8
22768	2013	-12.1	-5.7	-13.9	2.3	10.7	17.8	18.7	16.7	8.5	3	1	-4.9
22768	2014	-13.8	-6.6	-1.6	1.9	11.4	13.7	17	17.3	10.3	-1.4	-3.2	-6.7
22768	2015	-11.7	-5	-0.1	2.8	13.9	15.5	14.6	13.3	11.4	2.3	-3.3	-3.8
22768	2016	-17	-2.8	-2.6	5.2	13.2	14.8	20.6	17.4	9.5	2.7	-8.2	-8.7
22768	2017	-11.2	-8.6	-0.8	0.6	4.9	12.1	18.3	16.9	8.5	3	-1.4	-3.6
22768	2018	-6.5	-13.2	-10.6	2.4	11.1	14	19.4	16.7	11.1	3.7	-1.8	-9.5



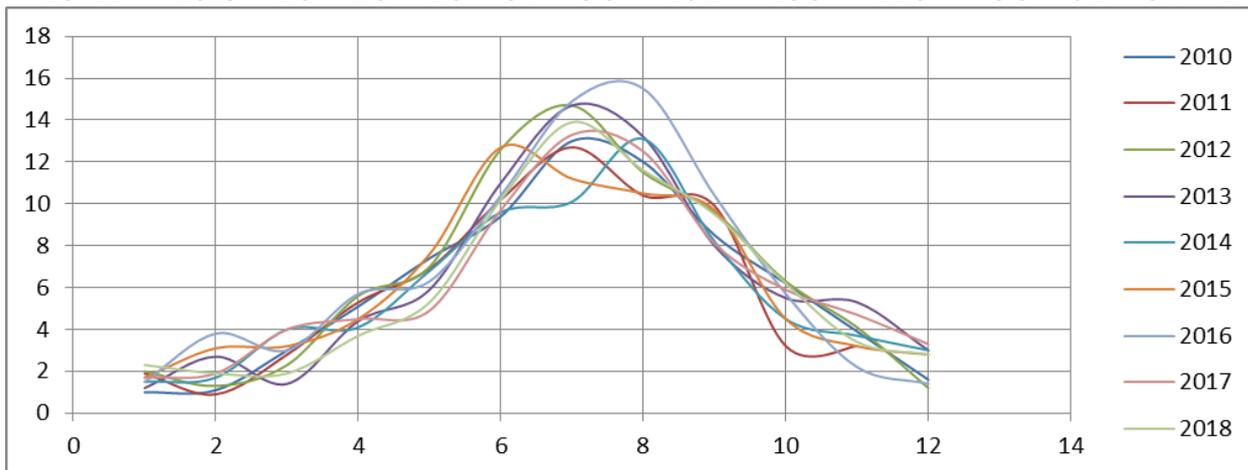
Ираель

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23514	2010	1.3	1.1	2.7	4.9	7.1	9.4	13.3	11.8	8.3	6.2	3.7	1.5
23514	2011	2	0.9	3.1	5.4	6.8	10.4	12	10	9.5	6.5	3.5	3.3
23514	2012	2.2	1.7	2.2	5.2	6.6	12.1	13.9	11	9.2	6.3	3.9	1.2
23514	2013	1.3	2.8	1.4	4.3	5.5	9.6	13.8	12	7.4	5.1	4.9	2.9
23514	2014	1.2	1.7	3.9	3.9	5.9	9	12	4.4	3.8	2.9	4.1	2.8
23514	2015	1.5	3.1	3.6	4	7.2	11.3	9.9	9.8	9.2	4.5	3.2	2.7
23514	2016	1.5	3.8	2.8	5.3	5.8	9.6	13.5	13.5	9.9	5.8	2.3	1.6
23514	2017	2	1.9	4	4	4.2	8.1	12.8	12	7.7	5.7	4.4	3.3
23514	2018	2.5	1.8	1.6	3.2	4.7	8.4	12.4	10.8	9.4	5.8	3.2	2.9



Троицко-Печорское

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23711	2010	1	1.1	3	5.1	7.4	9.4	13	12	8.5	6.2	3.9	1.6
23711	2011	1.9	0.9	2.8	5.3	6.9	10.2	12.7	10.4	9.9	3.2	3.2	
23711	2012	2	1.3	2.3	5.6	7	12.6	14.7	11.5	9.6	6.3	4.1	1.2
23711	2013	1.2	2.7	1.4	4.4	5.9	11	14.7	13.2	8	5.5	5.3	3
23711	2014	1.5	1.7	4	4.1	6.8	9.6	10.1	13.1	8.2	4.5	3.7	3
23711	2015	1.7	3.1	3.2	4.5	7.6	12.7	11.2	10.5	9.7	4.5	3.2	2.8
23711	2016	1.5	3.8	3	5.7	6.3	10.4	14.9	15.5	10.4	5.7	2.2	1.4
23711	2017	1.7	1.9	4	4.5	4.9	9.7	13.3	12.5	8.1	5.9	4.7	3.3
23711	2018	2.3	1.9	1.9	3.7	5.3	10.2	13.9	11.6	9.5	6.2	3.4	2.8



Усть-Вымь

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23707	2010	1.3	1.5	3	4.8	8	10.5	15.5	12.8	9.2	6.1	4.5	1.6
23707	2011	2.2	1.2	3.1	5.4	7.3	10.9	14.2	10.9	10.3	7.2	4	3.7
23707	2012	2.5	1.7	2.6	5.7	7.3	13.2	14.7	12.4	10	6.8	4.7	1.7
23707	2013	1.6	3.1	1.6	4.4	6.3	11.4	14	13.8	8.8	5.9	5.6	3.3
23707	2014	1.9	2.5	3.9	4.1	7.2	9.7	10.8	13.8	9	4.5	3.9	3.2
23707	2015	1.9	3.3	3.3	4.6	8	12.6	11.2	10.9	9.9	5.1	3.8	3.6
23707	2016	1.6	4	3.1	5.4	6.5	10.6	15.4	15.9	10.1	6.2	2.5	1.9
23707	2017	2.4	2.5	4.3	4.7	4.9	9.3	14.3	14.5	8.9	6.4	5	3.8
23707	2018	2.8	2.2	2.1	3.7	6	10.3	15.1	12.6	9.9	6.8	4	2.7

