



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

Кафедра Гидрофизики и гидропрогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

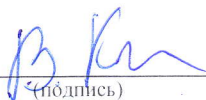
На тему Оценка снеготопасов
Европейской территории России

Исполнитель Гринёв Ярослав Александрович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель К.Т.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

д.т.н., профессор
(ученая степень, ученое звание)

Коваленко Виктор Васильевич
(фамилия, имя, отчество)

«07» июня 2016г.

Санкт-Петербург
2016

Министерство образования Российской Федерации
Российский государственный гидрометеорологический университет
Факультет прикладная гидрология гидрологический
Кафедра гидрофизики и гидропрогнозов

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема: «Оценка снеготопливных запасов Европейской территории России»

Выполнил студент

5 курса, Г-54 группы

Гринев Я.А.

Научный руководитель

доцент, к.т.н.

Хаустов В. А.

Санкт-Петербург

2016

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Физико-географическое описание Европейской территории России	5
1.1. Рельеф местности	5
1.2 Климат	13
1.3 Речной сток	22
1.4 Растительность	30
1.5 Снежный покров	48
1.6 Исходные данные	53
1.6.1 Ежедневные данные об осадках и температуре	53
1.6.2 Данные маршрутных снегосъемок	54
1.6.3 Данные спутникового зондирования	58
Глава 2 Математический аппарат	61
2.1 Математическая модель снеготоплений	61
2.2 Поиск решения в Excel	62
2.3 Переопределенная система линейных уравнений	62
2.4 Оценка расчетов по критерию S/σ	64
Глава 3 Расчет ежедневных снеготоплений	73
3.1 Определение устойчивого перехода температуры через 0 к отрицательным значениям	73
3.2. Результаты моделирования накопления снеготоплений	
3.3. Результаты сравнения спутниковых данных с данными маршрутных снегосъемок	
Выводы	
Список литературы	

Введение

Изучение формирования и распределения снежного покрова по территории России, определение запаса снега в последние месяцы зимы перед началом снеготаяния в пределах речных бассейнов имеет большое практическое значение, так как запас снега это основной фактор пополнения вод и формирования объема весеннего стока с них.

Снежный покров – один из наиболее распространенных и динамичных природных объектов. Сравнительно редкая сеть станций и постов делает задачу обобщения данных по снегозапасам, температуре и осадкам весьма затруднительной, но в то же время важной и актуальной. Он представляет собой как мощный климатообразующий фактор, так и важный гидрологический ресурс. Для значительной части территории России половодье, вызванное таянием снежного покрова, – характерная особенность водного режима рек. Важнейшая характеристика снежного покрова, используемая в долгосрочных прогнозах стока талых вод – запас воды в снежном покрове. С развитием технологий дистанционного (спутникового) зондирования в последние десятилетия исследуется вопрос об использовании спутниковых данных для системы мониторинга состояния поверхности Земли. Актуальность использования спутниковых измерений пассивного СВЧ–излучения связана с тремя принципиально важными их преимуществами.

1. Универсальность. Данные измерений уходящего микроволнового излучения могут быть использованы для дистанционной индикации параметров атмосферы, подстилающей поверхности, верхнего слоя грунта и снежной толщи (в зависимости от выбора частот зондирования);

2. Всепогодность. На длинах волн порядка нескольких сантиметров и более облака практически не влияют на перенос микроволнового излучения;

3. Высокое пространственно-временное разрешение наблюдений.

Существенным недостатком спутниковых наблюдений являются неточности восстановленных данных, связанные с влиянием растительности и расчлененности рельефа, с характером снежной толщи – слоистостью, наличием воды и ледяных прослоек, величиной зерна и пороговой мощностью снежного покрова.

Микроволновая СВЧ-радиометрия (пассивная микроволновая съемка), заключается в измерении интенсивности излучения на частотах от 6 до 37 ГГц. Относительная прозрачность атмосферы в микроволновом диапазоне делает эти данные чрезвычайно перспективными для определения параметров снежного покрова, особенно это полезная информация для малонаселенных территорий т.к. другие источники данных там отсутствуют.

Климатические факторы, являются основными формирующими факторами снегонакопления: осадки и температура холодного периода, ветер (метелевый перенос), поэтому основой для анализа режима снегонакопления послужили декадные данные снегомерных съемок, средние месячные суммы твердых осадков и среднемесячные температуры холодного периода за период 2000-2015 гг.

- * Основной целью данной работы является сравнение материалов спутникового зондирования с материалами маршрутных снегомерных съемок за многолетний период на европейской территории России, для обоснования возможности использования спутниковой информации.

Для достижения основной цели решались следующие задачи:

1. Сравнение и объективная оценка основных методов определения запасов воды в снеге;
2. Оценка точности получаемой информации, сравнение с фактическими данными запасов воды в снежном покрове за многолетний период для обоснования возможности использования спутниковой информации.

ГЛАВА 1.

Физико-географическое описание Европейской территории России

1.1 Рельеф

Рельеф это совокупность форм земной поверхности, различных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития. От рельефа зависит характер и направление течения рек, рельеф влияет на формирование климата, с ним связано распространение растений и животных. Рельеф влияет на образе жизни человека и на хозяйственную деятельность человека.

В европейской части России большую часть территории занимает Восточно-Европейская равнина(Русской равниной). Ее низменные участки находятся вблизи устья Волги в Прикаспийской впадине, самые приподнятые в центральных районах Средне-Русской возвышенности. Севернее равнины возвышаются Хибинские горы Кольского полуострова и Тиманский кряж. На юге равнина подходит к возвышенностям Предкавказья. Площадь Восточно-Европейской (Русской) равнины одна из самых крупных в мире. Русская равнина единственная равнина, которая выходит к двум океанам Атлантическому и Северный Ледовитому океанам. Центральная и восточная части равнины относятся к России. Восточно-Европейская равнина протягивается от побережья Балтийского моря до Уральских гор, от Баренцева и Белого морей до Азовского и Каспийского.

Восточно-Европейская приподнятая равнина состоит из возвышенностей и низменностей с крупными реками. Высоты возвышенностей 200-300 м над уровнем моря. Средняя высота равнины — 170 м, а на Бугульминско-Белебеевской возвышенности в приуральской

части самая большая высота равная примерно 479 метрам. Отметка максимума Тиманского кряжа немного меньше и равна 471 м .



Рис.1 Восточно-Европейская равнина (Русская равнина)

Через центральную часть равнины проходит полоса чередующихся крупных возвышенностей и низменностей: Среднерусская, Приволжская, Бугульминско-Белебеевская возвышенности и Общий Сырт разделены Окско-Донской низменностью и Низким Заволжьем, по которым протекают реки Дон и Волга, в направлении на юг.

Северней этой полосы в основном расположились низкие равнины, на поверхности этих равнин более мелкие возвышенности. С запада на восток и северо-восток тянутся, Смоленско-Московская, Валдайская возвышенности и Северные Увалы. По ним проходят водоразделы между Северным Ледовитым, Атлантическим и внутренним (бессточным Арало-Каспийским) бассейнами. От Северных Увалов территория понижается к Белому и

Баренцеву морям. По ней текут крупные реки — Печора, Двина, Северная, Онега с многочисленными многоводными притоками.

Серная часть Русской равнины. По характеру геологического и геоморфологического строения разделяется на две области: Карелию и Северо-Запад.

Карелия в основном характеризуется холмисто-равнинным рельефом с абсолютными отметками, не превышающими 200 м над ур. м; на северо-западе и западе отдельные массивы достигают высоты 350-60 м (рис. 1).

Частая смена гряд и холмов с различного рода понижениями придает поверхности Карелии чрезвычайно расчлененный характер, несмотря на сравнительно малые относительные высоты. Для южных районов республики характерна северо-западная ориентировка форм рельефа, для северных — преимущественно широтная, реже северо-восточная и северо-западная.

Рельеф определил особенности гидрографической сети Карелии. На значительной ее части реки прокладывают свой путь в направлении с северо-запада на юго-восток; так же ориентирована большая часть озер. Более крупные реки в северной части территории текут преимущественно в широтном, в южной — в меридиональном направлении.

Наибольшими высотами и расчлененностью отличается северо-западная окраина территории (Северный возвышенный район) со средними абсолютными высотами 300-340 м над ур. м. Здесь Расположена южная часть хребта Маанселькя, северная его часть находится за пределами России.

Вторым наиболее приподнятым участком с преобладающими высотами от 180 до 300 м является Западно-Карельская возвышенность. Она представляет собой юго-восточные отроги водораздельного хребта Маанселькя. Выделяются три цепи гряд: западная, центральная и восточная. Колебания относительных высот достигают 100-200 м. Однако значительные участки возвышенности имеют более спокойный рельеф с наибольшей расчлененностью его в районах, прилегающих к цепям гряд, и с наименьшей — близ границ с соседними районами.

На севере Карелии расположено обширное приподнятое озерное плато, на котором находится множество крупных и мелких озер (Ковд-озеро, Пя-озеро, Топ-озеро; озера Куйто, Нюк и др.). Высотные отметки в пределах района уменьшаются с запада на восток: если на западе отдельные возвышенности достигают 250-280 м над ур. м., то в восточной части они не превышают 160-180 м. В южной части района находится Куйтозерская впадина, представляющая слабовогнутую в центре равнину с высотами 100-120 м.

С запада и северо-запада местность в целом понижается по направлению к трем крупным водным бассейнам, где наблюдаются наименьшие абсолютные равнины: у Онежского озера (Восточно-Онежская равнина) – до 40 м, у Белого моря (Прибеломорская низменность) – до 10-20 м, у Ладожского озера (Северное Приладожье и Олонецкая равнина) – до 5-10 м. Рельеф водораздельных пространств между Онежским озером и Белым морем, Онежским и Ладожскими озерами (100-300 м над ур. м.) в целом спокойный, слабо расчлененный, с незначительными колебаниями относительных высот. Исключение составляет северо-восточная часть Онежско-Беломорского водораздела. Здесь протягивается северо-западная часть кряжа Ветреный Пояс с отдельными возвышенностями более 200 м. Центральная часть указанного водораздела – район Выгозерской впадины – характеризуется наименьшими абсолютными высотами (50-100 м). В пределах Онежско-Ладожского водораздела максимальные высоты более 200 м сосредоточены в районе озер Лососиного и Машозера. Между кряжем Ветреный Пояс и Восточно-Онежской равниной, до водораздельной линии с бассейном р. Онега расположен Водлозерско-Андомский холмистый район (150-250 м). Он характеризуется сложной расчлененностью, обусловленной широким развитием здесь водно-ледниковых, аккумулятивных форм (преимущественно камов), а также неровностью поверхности подстилающих пород. Колебания относительных высот 30-60 м.

Своеобразным рельефом, нигде больше не встречающимся в Карелии, отличается Заонежский сельговый район. Он охватывает полуостров на юго-восток. Абсолютные отметки редко превышают 100 м, относительные высоты колеблются от 5 до 20-30 м.

Территория Северо-Запада по характеру рельефа отчетливо разделяется на две части: 1) северо-западную – низменную и 2) восточную, юго-восточную и южную – возвышенную. Северо-западная часть расположена в основном в пределах Прибалтийской низменности, уходящей на западе на территорию Эстонии и Латвии, а на севере и северо-востоке – в Карелию.

Силурийское плато в центральной части Ленинградской области, Лужская возвышенность, расположенная к северо-востоку от г. Псков, Судомская – к югу от г. Похова и Бежаницкая – к югу от г. Новоржев.

Центральная Карельская возвышенность является возвышенной мореной равниной, сильно расчлененной речной сетью. По южной окраине ее располагаются камовые холмы (Лемболовские, Токсовские высоты и др.).

Силурийское (Ордовикское) плато, вытянутое почти в широтном направлении от р. Нарва на западе до р. Сяси на востоке, представляет собой плоскую возвышенную равнину. Западная часть его, наиболее обширная и приподнятая, носит название Ижорского плато. Здесь в известняках и доломитах ордовика широко развит карст. Вдоль северного края Силурийского плато прослеживается крутой уступ (глинт), отделяющий его Предглинтовой низменности. В западной части уступ обрывистый, высотой до 30-50 м и более, в восточной части он выглаживается и не превышает 15 м.

Возвышенности – Лужская, Судомская и Бежаницкая – это так

+4Е называемый меридиональный пояс краевых ледниковых образований, соответствующий различным стадиям валдайского оледенения – представляют собой сложное чередование конечноморенных холмов, гряд и камовых холмов с относительными высотами до 100-125 м.

Понижения рельефа в виде обширных низменностей с абсолютными отметками от 0 до 50 м, редко более, расположены в северной, центральной и западной частях территории. Это (с севера на юг) Вуоксинская низина в северной части Карельского перешейка, Предглинтовая низменность, включающая впадины Финского залива, Ладожского и Онежского озер (по местным названиям: Лужско-Нарвская, Приморская, Приневская и Приладожская), Приильменская или Волхово-Ловатская низина с котловиной, занятой оз. Ильмен, и Чудско-Псковская низина с впадиной Чудского и Псковского озер.

Прибалтийская низменность пересечена густой сетью рек, расходящейся в различных направлениях. Долины рек, как правило, врезаются неглубоко и лишь при пересечении склонов водораздельных возвышенностей они врезаются на глубину от 20 до 40 м и иногда до 50 м. Характерно развитие болот в низинах и на плоских междуречных пространствах.

Возвышенная часть территории Северо-Запада – восточная, юго-восточная и южная – расположена в пределах Валдайской возвышенности, которая широкой дугой окаймляет Прибалтийскую низменность и тянется от восточного побережья Онежского озера до г. Великие Луки, переходя далее на территорию Республики Беларусь и Литвы. Валдайская возвышенность является краевой зоной валдайского ледника. Она приурочена к Карбоновому плато, сложенному известняками ниже- и среднекаменноугольного возраста, а южнее г. Валдай – к выступам в рельефе девонских пород и состоит из многочисленных холмов и гряд преимущественно округлой формы, разделенных долинами и лощинами с множеством озер. Для гряд характерна северо-восточная ориентировка. Относительная высота холмов и гряд от 20 до 50 м. Максимальные абсолютные отметки поверхности достигают 320 м (в районе г. Валдай), а в среднем составляют 150-200 м. От Прибалтийской низменности Валдайская возвышенность отделена Карбоновым уступом, который представляет собой выположенный склон шириной от 5 до 30 км и высотой до 70-100 м, прорезанный

многочисленными глубокими современными долинами рек, интенсивно дренирующими водоносные горизонты каменно-угольных отложений. Местами уступ замаскирован конечноморенными образованиями.

Южную часть Восточно-Европейской равнины занимают низменности, на территории России находится Прикаспийская. Южная часть Восточно-Европейской равнины расположена на Скифской эпигерцинской плите, залегающей между южным краем Русской плиты и альпийскими складчатыми структурами Кавказа.

Русская равнина имеет типично платформенный рельеф, который предопределен тектоническими особенностями платформы: наличием глубинных разломов, кольцевых структур, авлакогенов, антеклиз, синеклиз и других более мелких структур.

Почти все наиболее крупные возвышенности и низменности являются тектонического происхождения.

В основании Восточно-Европейской равнины залегают Русская плита с докембрийским кристаллическим фундаментом и на юге северный край Скифской плиты с палеозойским складчатым фундаментом. Граница между плитами в рельефе не выражена.

Центральная часть. На центральную часть Русской равнины оказали влияние интенсивные поднятия Воронежской и Волго-Уральской антеклиз, а также опускания соседних авлакогенов и прогибов. Эти процессы способствовали образованию пластовой Окско-Донской равнины и пластово-ярусных, ступенчатых возвышенностей к которым относятся Среднерусская и Приволжская. Московская синеклиза — это одна из древнейших и сложных внутренних структур Русской плиты с глубоким залеганием кристаллического фундамента. В неоген-четвертичное время она испытала неравномерные поднятия и в рельефе выражена довольно крупными возвышенностями — Валдайской, Смоленско-Московской и низменностями — Верхневолжской, Северо-Двинской.

В центре Русской плиты расположены две крупные антеклизы — Воронежская и Волго-Уральская, разделенные Пачелмским авлакогеном. Воронежская антеклиза полого опускается к северу в Московскую синеклизу.

Тектонические движения Урала и Кавказа привели к некоторому нарушению залегания осадочных отложений плит. Это выражено в форме куполовидных поднятий, значительных по протяжению валов (Окско-Цникский, Жигулевский, Вятский и др.), отдельных флексурных изгибов слоев, соляных куполов, которые четко прослеживаются в современном рельефе. Древние и молодые глубинные разломы, а также кольцевые структуры определили блоковое строение плит, направление речных долин и активность неотектонических движений. Преобладающее направление разломов — северо-западное.

Неотектонические движения на Восточно-Европейской равнине проявились с разной интенсивностью и направленностью: на большей части территории они выражены слабыми и умеренными поднятиями, слабой подвижностью, а Прикаспийская и Печорская низменности испытывают слабые опускания.

В четвертичное время похолодание климата в северном полушарии способствовало распространению покровного оледенения. Ледники оказали существенное воздействие на формирование рельефа, четвертичных отложений, многолетней мерзлоты, а также на изменение природных зон — их положения, флористического состава, животного мира и миграцию растений и животных в пределах Восточно-Европейской равнины.

На побережье Азовского и Каспийского морей располагаются неоген-четвертичные равнины с эрозионным, западинно-просадочным и эоловым рельефом.

1.2 Климат

На климат Русской равнины решающее влияние оказывают два обстоятельства: географическое положение и равнинный рельеф.

Русская равнина больше, чем какая-либо другая часть России, находится под воздействием Атлантического океана и его теплого течения Гольфстрима. Морской полярный воздух, формирующийся над Атлантикой, поступает на Русскую равнину еще мало трансформированным. Его свойства в значительной мере определяют основные черты климата Русской равнины. Воздух этот влажный, относительно теплый зимой и прохладный в летний сезон. Именно поэтому Русская равнина увлажнена лучше, чем более восточные районы России, зима на ней не отличается суровостью, а лето зноем.

Равнина не знает восточносибирских морозов; средняя температура января в самом холодном месте ее — на северо-востоке — близка к -20° , а на западе составляет всего $-5, -4^{\circ}$. Средняя температура июля на большей части равнины ниже 20° и лишь на юго-востоке поднимается до 25° .

Резкое усиление континентальности климата в восточной, юго-восточной трети Русской равнины стоит в связи с быстрым падением здесь повторяемости морского полярного воздуха, теряющего свои свойства при движении на восток. В январе повторяемость морского полярного воздуха в районе Ленинграда и Западной Украины составляет 12 дней, а у Сталинграда и Уфы она снижается до трех дней; в июле морской полярный воздух на территории Прибалтики наблюдается 12 дней, а в Ростове и Куйбышеве всего один день (Фёдоров и Баранов, 1949). На юго-востоке Русской равнины усиливается роль континентального воздуха; например, в январе повторяемость континентального полярного воздуха на юго-востоке равна 24 дням, в то время как на северо-западе она составляет только 12 дней.

Равнинный рельеф создает благоприятные условия для свободного обмена воздушными массами удаленных один от другого районов. Арктический воздух время от времени в виде волн холода прорывается до южных границ Русской равнины, а летом, в июле, континентальный тропический воздух в отдельные дни продвигается на север до Архангельской области. Уральский хребет не служит препятствием для проникновения на Русскую равнину континентального полярного воздуха сибирского происхождения. Тесное соприкосновение и взаимопроникновение качественно различных воздушных масс вызывает неустойчивость на Русской равнине климатических явлений, частую смену одних типов погоды другими.

Тот же фактор — равнинный рельеф и отсутствие горных препятствий на западе — делает Русскую равнину легко доступной для проникновения на ее территорию циклонов. Циклоны арктического и полярного фронтов поступают сюда с Атлантического океана. Повторяемость и активность западных циклонов на Русской равнине резко снижается при движении на восток, что особенно заметно в Предуралье, восточнее 50° в. д. На востоке равнины в связи с возрастанием континентальности климата контрасты между основными воздушными массами зимой и летом сглаживаются, фронтальные зоны размываются, что и создает неблагоприятные условия для циклонической деятельности.

Несмотря в целом на однообразный рельеф Русской равнины, на ней имеются все же возвышенности и низменности, которые вызывают хотя и не резкую, но достаточно заметную дифференциацию климатических условий. Лето на возвышенностях более прохладное, чем на низменностях; западные склоны возвышенностей получают больше атмосферных осадков, чем восточные склоны и затененные ими низменности. В летнее время на возвышенностях южной половины Русской равнины возрастает почти в два раза повторяемость дождливых типов погоды и одновременно падает повторяемость засушливых типов.

Большая протяженность Русской равнины с севера на юг служит причиной резких климатических различий между ее северной и южной частями. Эти климатические различия настолько существенны, что следует говорить о существовании на Русской равнине двух климатических областей — северной и южной.

Северная климатическая область расположена к северу от полосы высокого атмосферного давления (оси Воейкова) и поэтому характеризуется преобладанием в течение круглого года влажных западных ветров. Господствующий в области западный перенос воздушных масс усиливается из-за частой повторяемости циклонов арктического и полярного фронтов. Наиболее часто циклоны наблюдаются между 55—60° с. ш. Эта полоса с повышенной циклонической деятельностью является наиболее увлажненной частью Русской равнины: годовая сумма осадков на западе ее достигает 600—700 мм, на востоке 500—600 мм.

В формировании климата Северной области, помимо полярного воздуха, очень большую роль играет арктический воздух, постепенно трансформирующийся при движении на юг. Изредка в разгар лета заходит с юга сильно нагретый тропический воздух.

В отдельные годы на юге области при антициклональной погоде может формироваться местный континентальный тропический воздух за счет трансформации полярного воздуха.

Зима в этой климатической области за исключением юго-запада стоит холодная и многоснежная. На северо-востоке ее средняя температура января—15,—20°, снежный покров высотой в 70 см лежит до 220 дней в году. Значительно мягче зима на юго-западе области: средняя температура января не опускается здесь ниже —10°, продолжительность снежного покрова сокращается до 3—4 месяцев в году, а средняя многолетняя высота его падает до 30 см и ниже.

Лето на всей территории области прохладное или даже холодное. Средняя температура самого теплого месяца — июля — на юге не достигает

20°, а на севере, на побережье Баренцева моря, составляет всего 10°. Для теплового баланса климатической области характерны большие затраты тепла на испарение влаги. Невысокие температуры воздуха при значительном количестве атмосферных осадков обуславливают летом высокую облачность севера Русской равнины. Повторяемость пасмурного состояния неба в июле на побережье Баренцева моря достигает 70%, на юге области около 45%. Высока также относительная влажность воздуха: в мае в 13 часов даже на юге области она не опускается ниже 50%, а на побережье Баренцева моря превышает 70%.

Осадков в Северной области выпадает больше, чем их может испариться при данных температурных условиях. Это обстоятельство имеет большое ландшафтообразующее значение, так как с балансом влаги связан характер растительности, направленность почвенных и геоморфологических процессов.

На юге Северной климатической области баланс влаги приближается к нейтральному (атмосферные осадки равны величине испаряемости). Смена баланса влаги с положительного на отрицательный означает важный климатический рубеж, разделяющий Северную и Южную климатические области Русской равнины.

Территория Северной области относится к арктическому, субарктическому и умеренному климатическим поясам. Арктический и субарктический пояса с тундровым и лесотундровым типами климата охватывают острова Арктики и материковое побережье Баренцева моря. Умеренный пояс представлен двумя типами климата — тайги и смешанных лесов. Характеристика их дана при описании физико-географических зон и областей Русской равнины.

Центральная область. В Центральной области климат умеренно-континентальный, формируется под влиянием воздушных масс и циклонов с Атлантики, смягчающих климат (зима -8—12 °С, лето +16—20 °С, осадки — 600 мм в год).

Зима в Центральном районе России умеренно морозная, снежная, с устойчивым снежным покровом. Средние температуры января обычно составляют -8° -13° С. Оттепели, при температуре 0° 2° С или периоды с сильными морозами -25° -30° С достаточно редки и, как правило, непродолжительны. Зимой обычно стоит пасмурная погода. Но в январе и особенно в феврале бывает немало ярких солнечных дней. Весной солнечных дней становится еще больше, это самое сухое время в году. Снег начинает таять в марте, в начале апреля избавляются ото льда реки, а в мае бурно оживает природа.

Лето в Средней полосе России теплое, умеренно влажное, с преобладанием переменной облачной погоды. Средние температуры самого теплого месяца, июля, составляют 17° 20° С. Однако, обычно, дневные температуры во все летние месяцы редко опускаются ниже 22° 26° С. Изнуряющая жара свыше 30° С – это не частое явление в Центральном районе.

В сентябре стоит теплая сухая погода. В течение года выпадает от 500 до 750 мм осадков. Большая часть осадков выпадает в теплое время года в виде коротких интенсивных дождей.

Климат Центральной России определяется в основном западными и северо-западными умеренно теплыми и влажными атлантическими воздушными массами, способствующими установлению циклональной погоды и смягчающими климат. В течение всего года над территорией Центральной России преобладает область низкого атмосферного давления. Средняя температура зимой $-8... -12^{\circ}$ С, летом – от 6° С на севере – до 20° С в южной части. Среднегодовое количество осадков – 600—800 мм. Осадки по сезонам года распределены равномерно. Зимой с установлением отрога Монгольского (Азиатского) антициклона или с вторжением арктических воздушных масс температура может опуститься до $-25... -30^{\circ}$ С. Летом с установлением отрога Азорского антициклона или с приходом из

районов Средней Азии теплых и сухих воздушных масс температура резко возрастает (до 30—35 °C).

Южная климатическая область лежит в полосе высокого атмосферного давления (ось Воейкова) и к югу от нее. Направление ветра на ее территории не отличается постоянством, господствующие летом западные ветры сменяются зимой на юго-востоке холодными и сухими восточными ветрами. Циклоническая деятельность и связанный с ней западный перенос на юге Русской равнины ослабевают. Вместо этого возрастает повторяемость антициклонов, имеющих сибирское происхождение зимой и азорское летом. В условиях устойчивых антициклонов усиливаются процессы трансформации воздушных масс, в результате которых влажный западный воздух быстро преобразуется в континентальный.

Летом процессы трансформации полярного воздуха в Южной области заканчиваются образованием континентального тропического. Со стороны Средиземного моря входит морской тропический воздух, всегда в той или иной степени уже трансформированный. Частая повторяемость тропического воздуха в летний период резко отличает эту климатическую область Русской равнины от Северной, где тропический воздух наблюдается лишь в виде редкого исключения. Поэтому на границе Северной и Южной климатических областей летом устанавливается восточноевропейская ветвь полярного фронта, и внутренние районы Русской равнины на некоторое время становятся циклонообразующей областью. Однако зарождающиеся здесь циклоны не отличаются активностью и не дают большого количества осадков, что объясняется отсутствием резких контрастов между континентальным тропическим и континентальным полярным воздухом, а также низкой влажностью этих воздушных масс.

Атмосферных осадков в Южной области выпадает 500—300 мм в год, т. е. меньше, чем в Северной; количество их быстро уменьшается в юго-восточном направлении, куда почти не проникает влажный западный воздух.

Зима короче и несколько теплее, чем на севере Русской равнины. Снежный покров маломощный и лежит непродолжительное время — 2—3 месяца на юго-западе, 4—5 месяцев на северо-востоке климатической области. Часто наблюдаются оттепели и гололедица, отрицательно сказывающаяся на перезимовке посевов и затрудняющая работу транспорта.

Лето продолжительное и теплое, а на юго-востоке жаркое; средняя температура июля составляет 20—25°. При большой повторяемости антициклонов облачность летом не велика, очень часто стоит солнечная погода с кучевыми облаками в середине дня. В июле повторяемость пасмурного состояния неба на севере равна 40%, а на юге 25%.

Высокие летние температуры в сочетании с небольшим количеством атмосферных осадков обуславливают низкую относительную влажность воздуха. В мае в 13 часов она даже на севере области не превышает 50%, а на юго-востоке падает ниже 40%.

Осадков в Южной области выпадает намного меньше того количества влаги, которое может испариться при данных температурных условиях. На севере области баланс влаги близок к нейтральному, т. е. годовая сумма осадков и испаряемость приблизительно равны, а на юго-востоке области испаряемость в три-четыре раза превышает сумму осадков.

Неблагоприятное для сельского хозяйства соотношение тепла и влаги усугубляется на юге Русской равнины крайней неустойчивостью увлажнения. Годовые и месячные суммы осадков резко колеблются, влажные годы чередуются с засушливыми. В Бугуруслане, например, по наблюдениям за 38 лет средняя годовая сумма осадков составляет 349мм, максимальная годовая—556 мм, минимальная — 144 мм. На большей части территории Южной области по многолетним данным июнь самый влажный месяц; бывают, однако, такие годы, когда и в июне местами не выпадает ни капли дождя.

Длительное отсутствие осадков вызывает засуху — одно из наиболее характерных явлений Южной климатической области. Засуха может быть

весенней, летней или осенней. Примерно один год из трех оказывается засушливым.

Помимо засух, неблагоприятное воздействие на растительность оказывают суховеи. Это горячие и сухие ветры, дующие с большой скоростью. Высокая температура и низкая относительная влажность воздуха сохраняются при суховеях и ночью. Знойные суховеи, если они дуют без перерыва несколько суток, сжигают посевы и листву деревьев. При этом растительность особенно сильно страдает в тех случаях, когда в почве мало влаги, что бывает при засухах.

Исследования последнего десятилетия показали, что суховеи наблюдаются не только при ветрах, дующих с юго-востока, но и из других мест. Больше того, очень часто суховеи развиваются в условиях арктической массы воздуха, проникающей на юг Русской равнины с севера и подвергающейся континентальной трансформации. И хотя суховеи дуют на окраинах антициклонов, но высокая температура и низкая относительная влажность их, как выясняется, обязаны не нисходящим движениям воздуха, а местной континентальной трансформации воздушных масс.

Степень вреда, который могут причинить засуха и суховеи культурной растительности, находится в зависимости от уровня агротехники и специальных мелиоративных мероприятий, направленных на их ослабление. В царской России при низкой агротехнике засухи и суховеи часто вызывали полную гибель посевов, что влекло за собой страшный голод в деревне. В советские годы, после коллективизации сельского хозяйства, уровень агротехники резко возрос, земледелие стало значительно меньше страдать от засух и суховеев, угроза голода полностью ликвидирована в деревне.

В числе специальных мероприятий, проводимых с целью ослабления засух и суховеев, особого внимания заслуживают работы по снегозадержанию и созданию полезащитных и государственных лесных полос. Эти мероприятия способствуют накоплению влаги в почве, а лесные

полосы к тому же ослабляют скорость ветра при суховеях, снижают температуру и повышают относительную влажность воздуха.

Осуществляемое в широких масштабах степное лесоразведение вместе со строительством прудов и водоемов в ближайшие годы приведет к некоторому ослаблению континентальности климата южных районов Русской равнины: увеличится количество атмосферных осадков и несколько снизятся летние температуры воздуха. Как предполагают климатологи, благодаря возросшему испарению на востоке лесостепи количество атмосферных осадков за теплое время года увеличится на 30—40 мм; на западе произойдет также увеличение осадков (на 5—10% по отношению к существующим величинам), но не за счет роста испарения, а вследствие усиления вертикальных движений воздуха над лесными полосами (Будыко, Дроздов и др., 1952). В полупустынях и пустынях из-за низкой относительной влажности воздуха изменения в количестве осадков ожидаются очень незначительные.

На территории Южной климатической области выражены четыре типа климата: лесостепной, степной, полупустынный и пустынный.

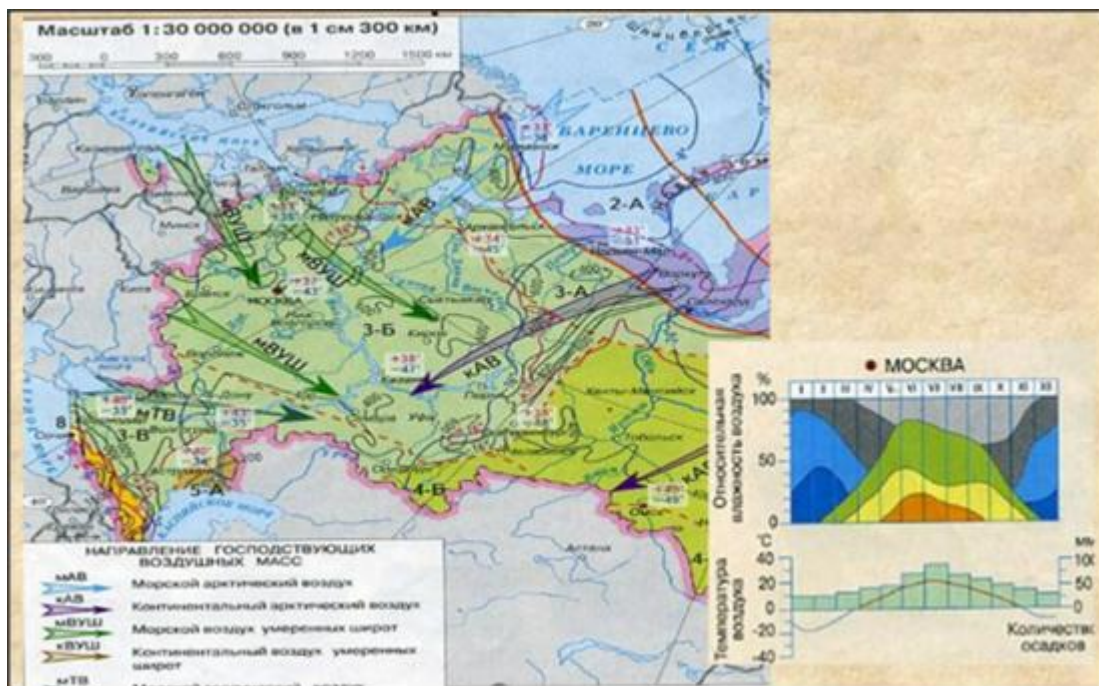


Рис.2 Климат Европейской части России 1

1.3 Речной сток

Воды Русской равнины связаны как с климатом и рельефом, так и с историей развития ее территории. Придавая большое значение климату, следует также подчеркнуть важность учета при характеристике вод Русской равнины ее геоморфологические особенности.

На северо-западе равнины располагается моренный холмисто-грядовый рельеф, а на юге — овражно-балочный и долинный с хорошо выраженной асимметрией склонов и водоразделов. Поэтому возраст речных долин во внеледниковых районах различен по сравнению с районами, где существовал ледниковый покров. Внутри районов, подвергавшихся материковому оледенению, в свою очередь, заметна разница в строении речных долин в пределах Валдайского и Днепровского оледенений.

Густота эрозионного расчленения зависит от климата. Наибольшее эрозионное расчленение наблюдается в пределах полосы эрозионных возвышенностей средней полосы Русской равнины (Подольская, Среднерусская). По С. С. Соболеву, густота овражно-балочной сети достигает здесь 0,9—1,1 км на 1 км². В то же время Прикаспийская низменность, недавно вышедшая из-под вод Каспийского моря, не имеет на поверхности оврагов.

Направление речного стока Русской равнины предопределяется ее орографией. Сток происходит в бассейны Северного Ледовитого, Атлантического океанов и в бессточную область бассейна Каспийского моря (в Волгу и ее притоки). Главный водораздел между стоком в океан проходит по Ергеням, Приволжской и Среднерусской возвышенностям, Валдаю и по Северным Увалам.

Распределение стока между бассейнами Северного Ледовитого и Атлантического океанов определяется водоразделом между северной и южной покатостями Русской равнины, который проходит по Белорусской гряде, Валдайской возвышенности и по Северным Увалам.

В Северный Ледовитый океан стекают реки: Мезень, Онега, Северная Двина, Печора. К Атлантическому бассейну относятся реки: впадающие в Балтийское море — Нева, Западная Двина, впадающие в Черное море — Днепр, Южный Буг, Днестр и впадающая в Азовское море — Дон.

Роль рек в народном хозяйстве Русской равнины очень велика: с реками связано решение важнейших проблем транспорта, гидроэнергетики, орошения, водоснабжения, рыбной промышленности. Осуществление планов изменения гидрографической сети стало возможным лишь в условиях социалистического хозяйства.

Краткая характеристика крупнейших рек Европейской части России.

Волга — самая крупная река Русской равнины: длина ее от истоков до устья — 3690 км. Истоки Волги находятся на Валдайской возвышенности, в пределах моренного рельефа, около села Волговерховье. Площадь бассейна Волги огромная ($\frac{1}{3}$ площади Русской равнины), а долина реки пересекает четыре ландшафтные зоны: лесную — от истоков до Горького, лесостепную — до Саратова, степную — до Волгограда и южнее — полупустынную. Сначала Волга протекает среди моренных холмов и гряд, соединяя котловины ряда озер (Малый и Большой Верхит, Стерж, Вселуг, Пено и Волго). После впадения р. Селижаровки (из оз. Селигер) долина Волги заметно расширяется. Верхняя Волга соединена с другими речными системами (Вышневолоцкая, Тихвинская системы, Волго-Балтийский путь) и проходит через ряд крупных водохранилищ, созданных в советское время (Иваньковское, Угличское, Рыбинское).

От Горького до Волгограда Волга протекает в долине с резко асимметричными склонами. Справа к Волге обрывается Приволжская возвышенность. Левый берег Волги образует широкую пойму и серию террас. После впадения р. Камы Волга становится значительно полноводнее, и ее русло расширяется до 2 км. Ниже г. Ставрополя Волга обходит Жигули, образуя характерный изгиб, называемый Самарской Лукой. Обойдя скалистые, покрытые лесом Жигули, Волга, следуя крупной тектонической

линии, течет на юго-запад. От Волгограда река принимает юго-восточное направление и протекает по Прикаспийской низменности. Здесь наблюдается отделение от Волги рукава Ахтубы и возникновение широкой полосы — Волго-Ахтубинской поймы. Дельта Волги начинается в 170 км от побережья Каспийского моря. Средний многолетний годовой сток — 255 км^3 . Волга питается талыми снеговыми водами, поэтому весеннее половодье наблюдается с первой декады апреля до начала мая. Высота подъема воды — 5—10 м. Благодаря сооружению ряда крупных водохранилищ режим уровней на Волге удастся регулировать (уменьшая половодье и регулируя меженные уровни). Ниже Волгограда Волга уже не получает притоков, и расход воды начинает заметно падать в результате потерь ее на испарение. На этом участке Волга лишь переносит воду и испаряет ее.

Волга имеет огромное хозяйственное значение, так как пересекает важнейшие экономические районы СССР. Велико значение Волги как транспортной магистрали и водной артерии, связывающей ряд районов с Балтийским, Белым и Черным морями.

Северная Двина (длина — около 750 км) начинается после слияния рек Сухоны и Юга и впадает в Двинскую губу Белого моря. Бассейн Северной Двины расположен на слабохолмистой моренной равнине, заросшей елово-сосновыми лесами. Обширные поймы Северной Двины заняты лугами. Дельта начинается ниже Архангельска (длина дельты — 45 км). Средний многолетний годовой сток Северной Двины — 111 км^3 . Река питается в основном талыми снеговыми водами. Весеннее половодье начинается в конце апреля, летняя межень продолжается с июля по сентябрь.

Северная Двина соединена через р. Сухону — оз. Кубенское — р. Шексну с Волгой. Северная Двина — важная судоходная и лесосплавная река. Регулярное пароходное сообщение во время навигации поддерживается от Великого Устюга до Архангельска.

Печора (длина — 1814 км) начинается в горах Северного Урала, впадает в Печорскую губу Баренцева моря. Бассейн Печоры находится в трех

зонах: лесной, лесотундре и тундре. В верхнем отрезке долины р. Печора протекает в узкой долине с большими уклонами и порожистым руслом. В среднем и нижнем отрезках Печора, имея меридиональное направление, пересекает Печорскую волнистую низменность, образуя широкую пойму. Ширина дельты — до 30 км. Печора питается талыми снеговыми водами. Весеннее половодье достигает высоты 11—14 м. Верховья реки вскрываются в начале мая, а низовья — в начале июня. Средний многолетний годовой сток — 129 км^3 . Длительное весеннее половодье неблагоприятно сказывается на сельскохозяйственном использовании пойменных лугов и пашен.

Печора имеет важное транспортное и сплавное значение. Велики также гидроэнергетические ресурсы правых ее притоков, стекающих с западного склона Урала.

Днепр (длина — 2285 км) начинается с Валдайской возвышенности и впадает в Днепровский лиман Черного моря. Днепр пересекает три ландшафтные зоны: лесную, лесостепную и степную, являясь важнейшим транспортным путем и источником гидроэнергии (Днепровская и Каховская ГЭС).

Основными источниками питания Днепра являются талые снеговые воды. Среднегодовой многолетний сток Днепра — 52 км^3 . Днепр судоходен до г. Дорогобужа на протяжении 2075 км.

Дон (длина — 1970 км) начинается на восточных склонах Среднерусской возвышенности и впадает в Таганрогский залив Азовского моря. В отличие от многих рек Русской равнины Дон берет начало не в холмисто-моренных районах, а из выхода грунтовых вод — в овраге. На значительном протяжении долина р. Дона следует восточному крутому краю Среднерусской возвышенности. Ниже устья р. Иловли, по которой проходил древний волок на Волгу, долина Дона близко подходит к волжской. Именно здесь, у г. Калача, на Дону сооружен Волго-Донской канал имени В. И. Ленина. У станицы Цимлянской возведена плотина длиной 13,5 км, подпирающая воды Цимлянского водохранилища, которое

обеспечивает работу гидростанции и подачу воды для орошения и обводнения, а также для регулирования необходимого уровня воды для судоходства.

Р. Дон получает питание за счет таяния снежного покрова и дождей. Особенности климата, выражающиеся в дружном сходе снегов, способствуют возникновению высоких половодий: подъем уровня достигает 13 м. Средний многолетний годовой сток Дона — 27,4 км³. Дон имеет важное транспортное значение, особенно после сооружения Волго-Донского судоходного канала.

Озера. Закономерности распределения и типизация озер Русской равнины тесно связаны с историей формирования рельефа страны и с современным климатом. На влажном северо-западе Русской равнины, где располагались области ледникового сноса и ледниковой аккумуляции, озер очень много, на засушливом юго-востоке их значительно меньше. Распространение озер на Русской равнине подчинено известной зональности. Можно указать на следующие типы озер:

1) тектоническо-ледниковые озера северо-запада Русской равнины (Кольского полуострова, Карельской АССР). В пределах Балтийского кристаллического щита, разбитого тектоническими трещинами, имеющими господствующее направление с СЗ на ЮВ, возникло большое количество крупных и мелких озерных котловин, обработанных и углубленных ледником;

2) моренные озера. По периферии Балтийского щита, в районах ледниковой аккумуляции (Валдай и др.), в котловинах холмисто-моренного рельефа возникли моренные озера лопастной формы (например, Верхневолжские и другие озера);

3) термокарстовые озера. В тундровой зоне, к востоку от п-ова Канин, протаивание многолетнемерзлых пород привело к возникновению небольших озерных котловин, заполненных водой;

4) пойменные озера. На широких поймах рек существуют многочисленные мелкие озера, возникшие в старицах, отделенных от основного русла перемычками. Пойменные озера широко представлены в Полесьях (Припятское, Мещера, Приветлужье);

5) лиманные озера располагаются на Причерноморской и Прикаспийской низменностях. На Причерноморской низменности эти озера в большинстве случаев являются затопленными устьями небольших степных речек, отчлененных от моря наносами.

Почвы и растительность. На Русской равнине существуют четко выраженные почвенно-растительные зоны, вытянутые приблизительно в широтном направлении. Начиная с севера идут: зона тундры, лесная зона, лесостепь, степная зона, зона полупустынь, зона пустынь.

Поверхностные воды Восточно-Европейской равнины тесно связаны с климатом, рельефом, геологическим строением, а следовательно, и с историей формирования территории. На северо-западе равнины, в области древнего оледенения, господствует моренный холмисто-грядовой рельеф с молодыми речными долинами. На юге, во внеледниковой области, — эрозионный рельеф с хорошо выраженной асимметрией склонов долин, балок и водоразделов.

Направление речного стока равнины предопределено ее орографией, геоструктурами и глубинными разломами. Реки протекают в пониженных впадинах, сформировавшихся в разрывах земной коры, в местах контакта крупных геоструктур, которые испытывают интенсивные разнонаправленные движения. Например, в зоне соприкосновения Балтийского щита и Русской плиты заложены бассейны рек Онеги и Сухоны, а также котловины крупных озер — Чудского, Ильмень, Белого, Кубенского.

Сток с Восточно-Европейской равнины происходит в бассейны Северного Ледовитого, Атлантического океанов и в бессточную область бассейна Каспийского моря. Главный водораздел между ними проходит по Ергеням, Приволжской и Среднерусской возвышенностям, Валдаю и по

Северным Увалам. Наибольший средний многолетний годовой сток (10-12 л/с с 1 км²) характерен для рек бассейна Баренцева моря — Печоры, Северной Двины и Мезени, а модуль стока Волги изменяется от 8 в верховьях до 0,2 л/сек с 1 кв км в устьевой части.

По степени естественной обеспеченности речным стоком Восточно-Европейскую равнину делят на три зоны: а) северные районы высокой обеспеченности; б) центральные районы средней обеспеченности с недостатком воды в промышленных и городских центрах; в) южные и юго-восточные районы (южное Поволжье, Заволжье, Задонье) с низкой обеспеченностью.

С реками связано решение важнейших проблем транспорта, гидроэнергетики, орошения, водоснабжения и развитие рыбного хозяйства, а следовательно, создание плотин, водохранилищ и гидростанций. Изменения гидрографической сети равнины возможны лишь при условии соблюдения правил охраны природы и окружающей среды.

Волга — самая крупная река Европы: длина ее составляет 3531 км, а площадь бассейна — 1360 тыс. км². Из крупнейших речных бассейнов России только два — Волги и Лены — расположены целиком в России. Бассейн Волги раскинулся от южнотаежных лесов до сухих степей и пустынь Прикаспийской низменности. Истоки Волги находятся на Валдайской возвышенности: в пределах моренного рельефа, около села Волговерховье. После впадения реки Селижаровки (из озера Селигер) долина Волги заметно расширяется. От устья Оки до Волгограда Волга протекает в долине с резко асимметричными склонами. Справа к Волге обрывается Приволжская возвышенность, а пойма и низкие террасы левобережья заняты каскадом водохранилищ. Обойдя скалистые, покрытые лесом Жигули, Волга входит в зону крупных глубинных разломов и течет на юго-запад, а затем от Волгограда протекает по Прикаспийской низменности. Здесь от Волги отделяются рукава Ахтубы и образуется широкая полоса Волго-Ахтубинской поймы. Дельта Волги начинается в 170 км от побережья Каспийского моря.

Волга питается талыми снеговыми водами, поэтому весеннее половодье наблюдается с первой декады апреля до начала мая.

Высота подъема воды — 5-10 м. Благодаря сооружению водохранилищ

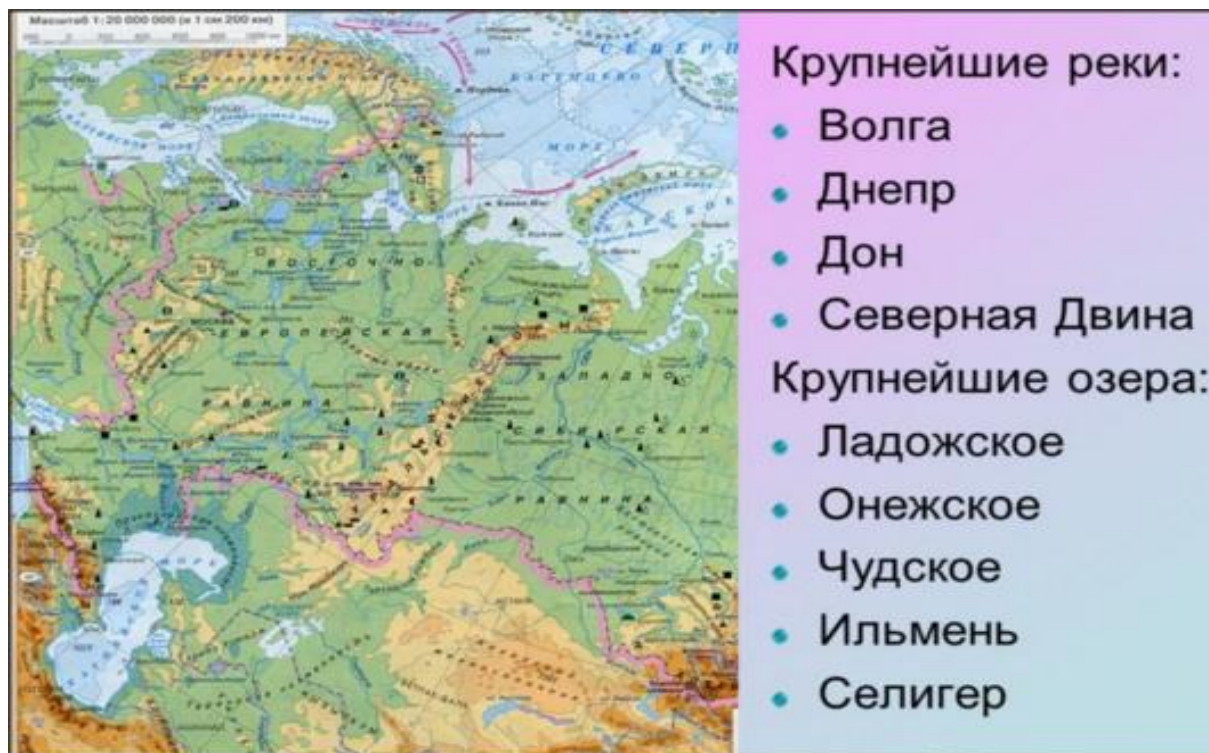


Рис.3 Крупные реки и озера Европейской части России

режим уровней на реке регулируют. Ниже Волгограда Волга уже не получает притоков и расход воды начинает заметно падать в результате потерь на испарение и орошение.

Волга имеет огромное хозяйственное значение, так как пересекает важнейшие экономические районы России: она связывает Центральный район России с Северо-Западным, Волго-Вятским, Поволжьем, Уралом и Каспием. Верховье ее соединено Волго-Балтийским путем с Балтийским морем, а Волго-Донской судоходный канал соединил ее с Черным морем. Построен Волго-Камский гидропромышленный комплекс, состоящий из плотины, водохранилища и ГЭС. В Волжском бассейне орошается около 2,4 млн га земель.

Значительные площади бассейна Волги имеют антропогенные ландшафты, но еще сохранились в ее притоках утолки, малоизмененные

человеком. Некоторые из них заповеданы. Девять заповедников создано на территории волжского бассейна, несколько биосферных — (модельный Приокско-Террасный, Окский, водораздельный Центрально-Лесной и Астраханский). Среди них самый первый советский — Астраханский. Они охраняют и изучают разнообразные природные комплексы Русской равнины, так как расположены во всех природных зонах бассейна. Но, кроме того, имеют и свои индивидуальные задачи: окские заповедники восстановили и охраняют зубров; Астраханский — крупнейший центр кольцевания птиц. Здесь охраняется редкий тропический реликтовый орехоносный лотос. Дарвинский создан на участках акватории Рыбинского водохранилища, а Жигулевский служит центром создания природного национального парка на Самарской Луке.

1.4 Растительность

На Русской равнине четко выражены природные зоны: тундра и лесотундра, лесная, лесостепь, степь, полупустыня и пустыня.

Зоны тундры и лесотундры — влажные, умеренно холодные - занимают побережье Баренцева моря, на моренно-морской равнине в поясе субарктического климата. Тундрой покрыт весь п-ов Канин на юг до 67° с. ш. Далее граница направляется к Нарьян-Мару и к Полярному Уралу. Южнее протягивается узкой полосой (30—40 км) лесотундра.

Европейские тундра и лесотундра самые теплые и влажные в России, потому что они испытывают влияние Атлантического океана, незамерзающей части Баренцева моря, отрога Исландского минимума зимой и часто проходящих циклонов. Это отражено на распределении зимних температур (средняя температура января у Канина полуострова —10 °С, а у Югорского —20°С), годового количества осадков (на западе тундры 600 мм, а на востоке—600—500 мм), продолжительности ледостава (6—7 месяцев),

наиболее высоких температур многолетней мерзлоты (от 0° до —3°), которая образовалась позже в уже накопившихся морских, ледниковых, водно-ледниковых, дельтовых, речных и озерных отложениях.

Лесная зона — избыточно и умеренно влажная, умеренно теплая. К югу от лесотундры полосой в 1000—1200 км простирается лесная зона. Южная граница ее проходит примерно севернее Львова на Житомир — Киев — Калугу — Рязань — Казань — Саратов. Зону лесов Восточно-Европейской равнины делят на две подзоны: тайги и смешанных лесов. Границу между ними проводят по линии Петербург — Новгород — Ярославль — Горький — Казань. На юго-западе тайга смыкается с подзоной смешанных лесов, а на юго-востоке — с зоной лесостепи.

Карелию пересекают две широтные полосы этой зоны: северотаежная, или полоса воронично-лишайниково-зеленомошных хвойных лесов, и среднетаежная, или полоса зеленомошных хвойных лесов. Граница этих полос совпадает с границей почвенных подзон и проходит примерно по 63°с.ш. (рис. 9). Только на крайнем севере территории в горах северного озерного района находятся тундровые и лесотундровые группировки растительности. Здесь же наиболее ярко выражена вертикальная поясность растительности, которая характеризуется следующим чередованием растительных сообществ от основания крупных гряд к их вершинам: сосновые лишайниковые и зеленомошные леса — еловые зеленомошные — березово-еловые редколесья — тундровые сообщества с карликовой березой и кустарниками.

Таежные полосы представлены следующими типами растительности:

1) еловые леса — на возвышенно-равнинных участках с супесчаными и суглинистыми подзолистыми почвами, в долинах рек и ручьев и по окраинам сфагновых болот с торфяно-подзолистыми почвами;

2) сосновые леса — на дренированных возвышенных участках с песчаными и песчано-каменистыми подзолистыми почвами и в замкнутых низинах с торфяно-болотными почвами;

3) сфагновые торфяно-осоковые и кустарничковые болота совершенно необлесенные или с редкостойной сосной.

Распределение растительности по территории определяется климатом, рельефом, почво-грунтовыми условиями и фитоценоотическими взаимоотношениями растений. Господствующим типом растительности являются леса, состоящие преимущественно из хвойных пород – сосны и ели. Облесенность отдельных водосборов рек достигает 95%, преобладающая – 75-85%.

Преобладание сосновых лесов объясняется широким распространением песчаных отложений и обнаженных коренных пород. В некоторых районах удельный вес сосновых древостоев на покрытой лесом площади достигает 92%.

Еловые леса господствуют на территориях, где подстилающими породами служат супесчаные, суглинистые и глинистые ледниковые отложения.

На рассматриваемой территории преобладают болота с умеренным минеральным питанием (олиготрофные и мезотрофные) моховые и торфяно-моховые; реже встречаются болота богатого минерального питания с хорошо развитой травянистой, кустарниковой и древесной растительностью (евтрофные). Наибольшее распространение болота имеют в пониженных частях рельефа, где заболоченность отдельных водосборов рек достигает 57% (р. Мяг-река). К ним относится Прибеломорская низменность, Куйтозерская впадина и многочисленные впадины среднетаежной полосы.

Хозяйственная деятельность человека проявляется в вырубке лесов и в создании на их месте окультуренных земель и лугов. На рубках происходит смена еловых лесов смешанными хвойно-лиственными и лиственными (березовыми и осиновыми). Это особенно характерно для среднетаежной полосы, где рубка производилась в больших размерах.

Луга занимают незначительную часть Карелии и в соответствии с особенностями рельефа они преимущественно низинные, заболоченные и

болотные. Суходольных лугов относительно больше на юге. Наибольшее распространение лугов наблюдается в долинах рек и по берегам озер.

Территория Северо-Запада расположена в основном в южной подзоне тайги, лишь небольшая северо-восточная часть ее находится в подзоне средней тайги, а крайняя юго-западная – в зоне смешанных лесов (рис. 10).

Наиболее характерны темнохвойные (еловые) леса, покрывавшие в прошлом большую часть территории Северо-Запада. Они приурочены к водоразделам с суглинистыми и частично супесчаными почвами. Основная группа – ельники-зеленомошники – характеризуется хорошо развитым древостоем из ели и обильным напочвенным покровом из мхов. В северной части эта группа представлена в основном типом черничного ельника с моховым покровом и с обильным развитием черники в травяно-кустарниковом ярусе. Широко распространены заболоченные еловые леса (сфагновые ельники). На дне долин, на заболоченных почвах встречаются травяные ельники с густым и высоким травяным покровом. В условиях равнинного рельефа на плохо дренированных сильно оподзоленных почвах развиты ельники-долгомошники.

На более легких песчаных и супесчаных почвах широко распространены сосновые леса, образующие такие же сообщества, как и еловые. На песках развиты лишайниковые боры-беломошники с редким травяным покровом с преобладанием брусники и вереска. Нередко лес приобретает характер смешанного елово-соснового с некоторой примесью березы.

Состав лиственных лесов представлен главным образом мелколиственными породами (березой, осиной, ольхой). На юго-западе значительная примесь широколиственных пород (липы, клена, дуба, ясеня, вяза). По побережью Финского залива и порека Волхову и Луге встречаются небольшие дубравы.

Всего под лесом находится половина площади Северо-Запада. Под влиянием вырубок и пожаров широко распространились производные

березовые и осиновые леса, а также сероольховые заросли, в некоторых ландшафтах почти полностью заменившие коренные лесные сообщества. Производными (на месте ельников) являются и многие сосновые леса. Наиболее залесены (70-80%) северные и северо-восточные районы территории. В бассейне р. Ояты, в верховьях р. Сяси леса занимают до 85% площади. Наименьшая лесистость отмечается в более освоенных западных и южных районах. Так, в верхнем и среднем течении р. Ловати, в бассейне р. Шелони, в нижнем течении р. Великой залесенность уменьшается до 40-30%.

Болота и заболоченные земли занимают около 30% территории. Сильной заболоченностью выделяются Приильменная низина. Много болот в долине р. Нева, у Ладожского озера, в нижнем течении р. Свири. Болота преимущественно верховые (сфагновые), отчасти низинного и переходного характера (осоковые, осоково-пушицевые, осоково-сфагновые и др.).

Под лугами находится 7% территории. Большинство лугов суходольные со злаково-разнотравной растительностью (душистый колосок, щучка, белоус, мятлик луговой, полевица, манжетка, различные виды клевера и т. д.). Пойменно-заливные луга приурочены к долинам крупных рек. Большие массивы заливных лугов расположены в долине р. Волхова, на побережье оз. Ильмень и в низовьях рек, впадающих в это озеро. Здесь типичны злаковые и бобовые сообщества ежи, тимофеевки, пырея, мышиного горошка, клевера с примесью лугового разнотравья.

Растительный покров области подвергся длительному воздействию человека. Большое количество земель распаханно или превращено в различные сельскохозяйственные угодья. В настоящее время культурной растительностью занято около 12% площади. Наименьшей распаханностью (1-5%) характеризуются северные и северо-восточные районы, наибольшей (до 20-30%) – западные и южные.

Климат к югу становится более теплым, количество осадков почти равно испаряемости и поэтому коэффициент увлажнения приближается к

единице, хвойные деревья становятся редкими и уступают место широколиственным.

Агроклиматическая характеристика западной части влажных широколиственных лесов следующая: сумма активных температур 2200 — 2800° С, т. е. это территория, где возделывают культуры умеренного пояса (кукуруза на зерно, подсолнечник на семена, соя, рис, сахарная свекла).

Лесостепная зона — умеренно влажная и умеренно теплая расположена на юге атлантико-континентальной климатической области умеренного пояса Восточно-Европейской равнины. Ее южная граница проходит примерно от Кишинева к Днепропетровску, южнее Харькова — Саратова к долине Самары. Южнее этой линии среди степей существуют «острова» лесных массивов. Они возникли на возвышенных увлажненных участках — это Донецкий кряж среди степей Украины, лесные Кодры среди степей Молдавии. Так, например, Кодры имеют высоту более 400 м, а осадков—500 мм (на 100—150 мм более Белецкой луговой степи, расположенной севернее).

Лесостепь простирается с юго-запада на северо-восток и, следовательно, занимает на западе равнины самое южное положение среди всех зон. Это определило ее биоклиматические особенности: в западной части до меридиана Воронежа она относится к полувлажному, а восточнее — к полузасушливому климату с обедненным растительным покровом. Зима здесь умеренно холодная, снежная.

Степная зона — недостаточно влажная и очень теплая — простирается от лесостепья до Черноморско-Азовского побережья и далее уходит в предгорья Крыма и Кавказа. Наибольшей ширины она достигает в средней части Восточно-Европейской равнины, у 40-го меридиана. Ее северная граница на западе спускается далеко на юг, а на востоке резко поднимается к северу.

Северные степи менее теплые, но более влажные, чем южные.

Полупустынная и пустынная зоны Русской равнины – умеренно сухие и очень теплые – расположены в низовьях Волги, а за Волгой тянутся до Актюбинска. Континентальная Восточноевропейская климатическая область —самая западная пустынная.

Русская равнина представляет образец территории с резко выраженной широтной зональностью почв и растительности. На ее поверхности наблюдается сложный зональный спектр растительности и почв от арктических тундр до пустынь на сероземах.

Климатические условия на значительной части Русской равнины благоприятны для произрастания лесов. Три-четыре столетия назад они покрывали более половины всей площади Русской равнины. Лишены лесов крайний север равнины, занятый тундрой, и ее юго-юго-восточная треть, одетая степями. Причины отсутствия лесов на севере и юге равнины прямо противоположны. На севере их нет из-за недостатка тепла при избытке влаги, на юге из-за недостатка влаги при избытке тепла. Безлесные тундры охватывают побережье Баренцева моря от государственной границы с Норвегией до Пай-Хоя и арктические острова. На юге тундра постепенно переходит в лесотундру.

Тундра дает корм многочисленным стадам оленей. Исключительную ценность представляют лишайниковые тундры, используемые в качестве зимних пастбищ; моховые и ерниковые тундры служат преимущественно летними пастбищами.

Леса занимают на Русской равнине большую площадь. Они образованы хвойными, широколиственными и мелколиственными породами. В географическом распространении лесов можно подметить следующую закономерность: хвойные — в северной климатической области с положительным балансом влаги, широколиственные — в полосе переходной от северной климатической; области к южной, где баланс влаги близок к нейтральному,, а мелколиственные одинаково распространены и на севере и на юге лесной области Русской равнины. В целом, рассматривая карту лесов,

не трудно заметить тяготение их к северной, достаточно увлажненной половине Русской равнины.

Лесная область Русской равнины представляет собой место встречи западных (европейских) и восточных (сибирских) видов. Большинство хвойных пород имеет сибирское происхождение, и на Русской равнине проходит западная граница их распространения.

В переходной Полосе между тундрой и лесной областью развита неширокая — от 50 до 100 км — полоса лесотундры, образованная низкорослым редколесьем. К западу от Тимана в лесотундре преобладают березовые редколесья, к востоку — еловые. Лиственничные редколесья, характерные для сибирской лесотундры, на Русской равнине встречаются редко.

В зависимости от состава преобладающих пород, лесная область Русской равнины распадается на две почвенно-растительные зоны: тайгу и смешанные леса.

Тайга Русской равнины является по преимуществу темнохвойной. Ель, представленная двумя видами: елью обыкновенной (*Picea excelsa*) и елью сибирской (*Picea obovata*), настоящая царица восточноевропейской тайги. На востоке темнохвойный характер тайги усиливается присутствием пихты. Сосна хотя и распространена по всей тайге, но встречается только на песчаных и заболоченных почвах. Другие хвойные породы — лиственница Сукачева и кедр — занимают подчиненное место и известны только на востоке тайги.

Преобладание ели в тайге Русской равнины объясняется ее влажным климатом и удовлетворительным дренажем. Широкому распространению ели в Западной Сибири препятствует заболоченность, а в Восточной Сибири континентальный климат. Аналог восточноевропейской тайги появляется на побережье Тихого океана — охотская тайга, образованная аянской елью и пихтой.

Основные растения елового леса:

Кислица линнея, майник, плаун баранец, двулепестник горный, рамишия.

Тайга Русской равнины отличается от сибирской географическим положением и историей развития территории. Близкое положение к Атлантическому океану и самому теплому сектору Арктики предопределило развитие плейстоценового мощного многократного покровного оледенения, умеренно континентального климата, способствующего расселению по равнине как более теплолюбивых — европейских растений и животных, так и более холодолюбивых — сибирских. Тайга европейская получает больше осадков, чем западно-сибирская. Годовое их количество на равнинах — более 600 мм, а на возвышенностях — до 800 мм. Вся подзона избыточного увлажнения, так как осадки превышают испаряемость на 200 мм.

Европейскую тайгу делят на северотаежные, среднетаежные и южнотаежные леса.

1. Северная тайга характеризуется избыточным увлажнением. В западной ее части зимы многоснежные, умеренно холодные, а в восточной — зимы холодные, достаточно снежные. Агроклиматические характеристики следующие: глубина промерзания грунта — 120 см, продолжительность вегетационного периода выше $+10^{\circ}$ составляет 65 дней, сумма активных температур $800\text{—}1200^{\circ}\text{C}$, т. е. это агроклиматическая территория ранних овощных культур с пониженными требованиями к теплу.

2. Средняя тайга характеризуется избыточным увлажнением, умеренно холодной и холодной многоснежной зимой. Агроклиматические характеристики территории следующие: продолжительность вегетационного периода — 100 дней, глубина промерзания почвы — 70 см, сумма активных температур $1200\text{—}1500^{\circ}\text{C}$, что соответствует ранним культурам умеренного пояса (серые хлеба, зернобобовые, картофель, лен и др. культуры).

3. Южная тайга также достаточно увлажнена, но имеет значительные различия в зимних температурах (средняя температура января

на западе —6° С, а на востоке —13° С), промерзание грунта на западе 30 см, а на востоке 60 см и более. Сумма активных температур 1900—2400° С.

Подзона смешанных и широколиственных лесов, расположенная между тайгой на севере и лесостепью на юге, простирается от побережья Балтийского моря до Урала. На западе она имеет наибольшую ширину, а к востоку становится узкой и ее южная граница поднимается к северу. Следовательно территория подзоны открыта к Атлантическому океану и его воздействие на климат является определяющим, особенно в западной части.

В зависимости от местопроизрастания и флористического состава ельники Русской равнины подразделяются на пять типов:

Ельники-зеленомошники характеризуются наличием сплошного покрова из блестящих зеленых мхов (*Hylocomium*, *Dicranum* и др.). Это наиболее ценный тип ельников, развитый на хорошо дренированных участках. К ельникам-зеленомошникам относятся ассоциации ельника-кисличника, ельника-черничника, ельника-брусничника и др.

Ельники-долгомошники, занимая более плоские и менее дренированные участки, чем зеленомошники, имеют густой моховой покров из кукушкина льна (*Polytrichum commune*). Избыточное увлажнение, свойственное ельникам-долгомошникам, неблагоприятно сказывается на росте ели.

Сфагновые ельники растут на заболоченных почвах, в моховом покрове их присутствует сфагнум. Ель в этом типе леса

сильно угнетена, она образует здесь низкорослые, разреженные насаждения.

Болотно-травяные ельники расположены по долинам логов и речек с проточной водой. Они имеют густой и высокий травяной покров.

Сложные (кустарниковые) ельники, произрастающие на плодородных дренированных почвах, содержат примесь широколиственных пород. В большинстве случаев хорошо развит подлесок и кустарниковый ярус.

Сходные с ельниками типы насаждений встречаются в сосновых борах (бор-зеленомошник, бор-долгомошник, сложный кустарниковый бор, сфагновый бор, бор-беломошник, или лишайниковый бор).

Обычны в тайге Русской равнины мелколиственные леса из бородавчатой березы (*Betula verrucosa*) и осины (*Populus tremula*). Наибольшие массивы их сосредоточены на юге тайги, причем, как правило, они расположены на месте хвойных лесов, вырубленных человеком или же пострадавших от пожаров.

Помимо лесов, в тайге много болот верхового и низинного типа. Среди верховых болот широко распространены выпуклые сфагновые торфяники, у которых центральная часть приподнята над окраиной на высоту от 0,5—1,0 м до 5,0—8,0 м. На верховых болотах обычна сосна, образующая здесь особые низкорослые болотные формы. Особенно интересна форма *rumila*. Стволик этой сосны погружен в торф, и над поверхностью сфагнового ковра торчит лишь метелка ветвей высотой не более 1,0 м. Трудно поверить, что этот древесный карлик — обыкновенная сосна (*Pinus silvestris*), принявшая на болоте столь уродливую форму. В северной и средней частях тайги поверхность выпуклых сфагновых болот осложнена грядово-мочажинными комплексами: невысокие сухие гряды, покрытые багульником, андромедой, Кассандрой и другими болотными кустарничками чередуются на них с сырыми понижениями, прикрытыми осокой, пушицей влагищницей (*Eriophorum vaginatum*) и шейхцерией (*Scheuchzeria palustris*).

Под хвойной тайгой образуются подзолистые почвы с ярко выраженным горизонтом вымывания. Они содержат свободную перегнойную кислоту, но бедны основаниями и гумусом. Типичные подзолистые почвы характерны для средних районов тайги. Проявлению подзолообразования на севере тайги мешают процессы заболачивания, а на юге тайги — дерновый процесс. Дерновый процесс протекает при участии хвойных и лиственных пород и развитого травяного покрова.

Основная площадь лесов, сохранившихся на Русской равнине, занята зоной тайги. Отсюда древесина идет в другие, безлесные, зоны и на внешний рынок.

Зона смешанных лесов расположена в основном в треугольнике: Ленинград, Киев, Горький. Чистые дубравы уживаются в ней с ельниками и сосновыми борами таежного типа. Одновременно с этими двумя противоположными насаждениями существует целый ряд переходных, смешанных ассоциаций: ельники с примесью широколиственных пород в верхнем ярусе, ельники с дубравным кустарниковым ярусом, наконец ельники, у которых смешанный характер проявляется в присутствии дубравных элементов только в травяном покрове.

Состав смешанных лесов меняется с запада на восток: западнее Минска и Вильнюса развиты елово-грабово-дубовые леса, восточнее этих городов граба (*Carpinus betulus*) нет, преобладают елово-дубовые смешанные леса.

Зональные почвы смешанных лесов дерново-подзолистые. На западе под дубравами на тяжелых структурных глинах известны поддубицы, характеризующиеся слабой оподзоленностью и наличием ореховатой структуры. На юге зоны на лёссовидных суглинках формируются темноцветные почвы, близкие к темно-серым почвам лесостепи. Таковы, например, почвы Юрьевского ополья во Владимирской области.

Смешанные леса больше, чем таежные, пострадали от деятельности человека. Вместо сплошных массивов здесь господствует ландшафт островных лесов, разбросанных среди возделанных полей.

Южная граница лесной области, проходящая на юге через Киев, Горький, Казань, совпадает с линией нейтрального баланса влаги; к югу от нее величина испаряемости начинает превышать годовую сумму атмосферных осадков. Этот климатический рубеж является одновременно важнейшим почвенным и геоботаническим рубежом. Леса сохраняются и к югу от него, но меняется их состав: выпадает ель; смешанные леса исчезают, уступая место широколиственным; сплошной лесной покров, свойственный

северу, здесь разрывается безлесными участками — не болотами как на севере, а сухими травянистыми степями. Чем дальше на юг, тем меньше лесов, тем просторнее становятся степи. Процессы выноса, характерные для подзолистых почв севера, здесь ослабевают, взамен их усиливается перегнойно-аккумулятивный процесс, приводящий к образованию серых лесостепных почв и черноземов.

Сочетание леса с травянистыми степями на водоразделах образует лесостепной тип растительности. В связи с умеренно континентальным климатом и расчлененным рельефом лесостепь на Русской равнине сильно растянута с севера на юг. Это основная почвенно-растительная зона юга Русской равнины; она занимает обширную площадь, превосходящую площадь степной зоны.

В составе лесов лесостепи Русской равнины преобладают дубравы. Первый ярус в них составляют дуб, ясень, остролистный клен и вяз; второй — груша, яблоня, татарский и полевой клен; еще ниже — густо разрослись кустарники: орешник, два вида бересклета — бородавчатый (*Evonymus verrucosus*) и европейский (*E. europaeus*), жимолость (*Lonicera xylosteum*), крушина ломкая (*Rhamnus frangula*) и слабительная (*R. cathartica*). Почва в дубраве в отличие от почв под хвойным лесом лишена покрова зеленых мхов, зато прикрыта широколистными травами: ландышем (*Convallaria majalis*), копытнем (*Asarum europaeum*), сочевичником (*Orobanchis vernus*), фиалкой душистой (*Viola mirabilis*), снытью (*Aegopodium podagraria*), осокой волосистой (*Carex pilosa*) и зеленчуком (*Galeobdolon luteum*).

В дубравах лесостепи на карбонатных грунтах (лёссовидные суглинки) активно протекает перегнойно-аккумулятивный процесс, приводящий к образованию серых лесных (лесостепных) почв, а на юге лесостепи под дубравами формируются почвы, близкие к оподзоленным и выщелоченным черноземам.

В настоящее время большая часть дубрав лесостепи вырублена. Еще больше пострадали разнотравные степи, когда-то занимавшие не менее половины лесостепной зоны. Ныне разнотравные степи Русской равнины распаханы и в нетронutom виде сохранились только в немногих заповедниках. Наибольшей известностью пользуется Центрально-Черноземный заповедник им. В. В. Алехина, расположенный к юго-востоку от города Курска. В заповеднике охраняются от распашки три участка разнотравных степей: Стрелецкая, Казацкая и Ямская степи.

Разнотравная степь характеризуется сплошным задернением почвы и исключительно высокой видовой насыщенностью. В Стрелецкой степи на площадке в один квадратный метр находили до 77 различных видов растений. Чтобы оценить величину этой насыщенности, достаточно напомнить, что на территории всех Центральных черноземных областей обнаружено лишь 1450 видов растений.

Весной и в начале лета разнотравная степь много раз меняет свою расцветку. Рано весной на некоторое время она становится золотисто-желтой от цветущего горицвета (*Adonis vernalis*), в другое время она радует глаз нежно-голубым колером — цветет незабудка (*Myosotis suaveolens*), позже, в период цветения горного клевера (*Trifolium montanum*) и земляных орешков (*Filipendula hexapetala*), степь белеет, будто покрытая снегом. Из ковылей в разнотравных степях чаще всего встречается ковыль Иоанна (*Stipa Ioannis*).

Под разнотравными степями на лёссе и лёссовидных суглинках формируются самые плодородные почвы мира — типичные мощные и выщелоченные черноземы.

Южнее лесостепи вследствие возросшей континентальности климата разнотравные степи переходят в злаковые, свойственные уже степной зоне.

В злаковых степях на первое место выдвигаются дерновинные злаки, особенно тырса (*Stipa capillata*), ковыль Лессинга (*St. Lessingiana*), узколистый ковыль (*St. stenophylla*), тонконог (*Koeleria gracilis*), украинский ковыль (*St. ucrainica*), типчак (*Festuca sulcata*). Травостой в злаковых степях

постепенно становится разреженным, аспекты менее красочными, видовая насыщенность резко падает. В злаковых степях Аскания-Нова на 1 кв. м обнаружено в среднем по 17 видов растений. Леса в степной зоне встречаются редко и притом почти всегда в аazonальных условиях — по поймам рек, склонам балок, песчаным надпойменным террасам; в виде исключения небольшие рощи лесов известны по вершинам возвышенностей.

Почвы злаковых степей не так богаты гумусом, как в разнотравных степях. Фон образуют среднегумусные (обыкновенные) и малогумусные (южные) черноземы и темно-каштановые почвы. Вследствие сухого континентального климата в почвообразовании начинают активно проявляться процессы засоления; обычное явление в зоне составляют пятна солонцов и солонцеватых почв.

Злаковые степи на юго-востоке Русской равнины, в полупустынях, переходят в полынно-злаковые степи. Травостой полынно-злаковых степей разреженный, комплексный, образованный степными злаками и пустынными полукустарничками. Из злаков характерны: типчак, ковыль Лессинга, ковыль сарептский (*Stipa sareptana*), пырей пустынный (*Agropyrum desertorum*); из пустынных полукустарничков встречаются полынь белая (*Artemisia Lercheana*), полынь черная (*Art. pauciflora*), ромашник (*Pyrethrum achilleifolium*), прутняк (*Kochia prostrata*).

В полынно-злаковых степях по сравнению со злаковыми возрастает роль эфемеров и эфемероидов (крупка, тюльпаны, живородящий мятлик).

В условиях разреженного растительного покрова и недостаточного увлажнения в полупустынях образуются бедные гумусом и часто солонцеватые светлокаштановые почвы. Солонцы такое же «зональное» явление для полупустынь, как болота для северной тайги.

Юг Прикаспийской низменности относится к северной пустыне. На бурых пустынно-степных почвах и солончаках в пустыне разбросаны редкие кустики полыни и солянок — растений, хорошо переносящих недостаток

влаги и избыток солей в почве. Значительные площади покрыты в пустынях песками.

Северная и южная граница лесов на Русской равнине не представляет собой прямой линии: в одних местах лес далеко продвигается в тундру или в степь, в других он отступает на юг или север, в сторону лесной зоны.

В расположении леса на крайнем севере и юге равнины есть известная аналогия: и в тундрах и в степях долины рек служат проводниками лесной растительности. Такими же проводниками лесов на север, в тундру, и на юг — в степи оказываются пески и возвышенные, расчлененные участки водоразделов.

Продвижение леса по долинам рек на юг, в безлесные степи, легко объяснимо: поймы рек лучше увлажняются, и чем длительнее пойменный режим, тем сильнее облесена пойма, тем дальше идут на юг леса. Именно по этой причине лес по поймам рек (осоковые уремы, черноольшаники, дубравы) заходит не только в степную зону, но и в прикаспийскую полупустыню.

Сложнее объяснить, почему леса привязаны к долинам рек в лесотундре и тундре. Было высказано соображение, что в долинах рек лес защищен от холодных зимних ветров, губящих древесную растительность на водоразделах. Но, как выяснилось, при соответствующих почвенно-геоморфологических условиях лес хорошо растет и на водоразделах, несмотря на иссушающие зимние ветры. Существовал взгляд, что речные долины теплее водоразделов, так как они «обогреваются» теплой водой рек, текущих с юга на север. Однако и этот взгляд не выдерживает критики, так как речные долины более лесопригодны даже и в том случае, если речной поток направлен с севера на юг.

Основная причина повышенной лесопригодности речных долин на севере заключается в том, что они лучше дренированы и менее заболочены, чем плоские водоразделы; почвы долин поэтому летом хорошо прогреваются, вечная мерзлота в них опускается на большую глубину или

совсем отсутствует. Все это создает благоприятные условия для поселения леса на крайнем севере.

В лесотундре и в лесостепи в равной степени лес преимущественно растет на песчаных, а не на глинистых почвах. Песчаные почвы в лесотундре меньше заболочены и лучше прогреваются летом, чем почвы глинистые, вечная мерзлота у них оттаивает на большую глубину. Эти обстоятельства и делают песчаные почвы на севере более лесопригодными по сравнению с глинистыми почвами. В лесостепи пески обладают, повышенной лесопригодностью по другой причине. Они легко, как губка, впитывают атмосферную влагу и очень экономно расходуют ее путем испарения. Испарению влаги в песках мешает незначительная высота капиллярного подъема, вследствие чего глубокие горизонты их становятся своеобразными накопителями влаги. Деревья, обладающие глубокой корневой системой, свободно используют эту спрятанную в песках влагу, в то время как для травянистой растительности она в значительной мере недоступна.

В лесотундре и в лесостепи лес одинаково избирает для своего, произрастания возвышенные, хорошо расчлененные участки водоразделов, оставляя плоские равнины в первом случае для тундры, во втором для степей. На севере такая связь леса с рельефом объясняется лучшей дренированностью, а следовательно, и меньшей заболоченностью возвышенных участков; на юге расчлененные возвышенные водоразделы получают больше атмосферных осадков, чем плоские низменные равнины; почвы возвышенных мест сильнее выщелочены, механический состав их более грубый — все это вместе взятое и усиливает позиции леса в лесостепи на возвышенных расчлененных участках.

На значительной части своей территории Русская равнина давно и густо заселена. Почвы и растительность ее под влиянием деятельности человека утратили первоначальный облик. Наиболее сильно изменены человеком леса, разнотравные и злаковые степи..

В размещении культурной растительности, как и в естественной, легко проследить на Русской равнине широтную зональность. В тайге сеют главным образом рожь, овес и ячмень. Северная граница земледелия раньше не выходила за пределы тайги. В советские годы она отодвинута в лесотундру, а на Кольском полуострове и по долине Печоры отдельные земледельческие очаги стали проникать в тундровую зону.

На юге тайги крупные площади заняты льном-долгунцом. Эта ценная техническая культура еще более широкое распространение получает в зоне смешанных лесов. Помимо серых хлебов и льна-долгунца, в зоне смешанных лесов много сажают картофеля, а на юге зоны высевают гречиху. Хорошие урожаи в лесной области дает клевер.

Очень разнообразна культурная растительность лесостепи. Плодородные черноземные почвы, теплый солнечный климат с достаточным увлажнением обеспечивают в лесостепи произрастание пшеницы, сахарной свеклы, подсолнечника, проса. В лесостепи много садов, благодаря усилиям мичуринцев появились виноградники. Для севера лесостепи характерны посевы конопли и гречихи.

В степной зоне остаются только требовательные к теплу и солнцу культуры: пшеница (озимая на западе и яровая на востоке), подсолнечник, просо; промышленное значение приобретают виноградники. Клевер в засушливых степях растет плохо, вместо него сеют эспарцет, люцерну и житняк.

За годы советской власти границы и состав культурной растительности сильно изменились. Среди зерновых резко увеличился удельный вес пшеницы, посевы ее сейчас можно встретить и в тайге, и в зоне полупустынь. В последние три-четыре года важнейшей культурой стала кукуруза. Еще недавно кукурузу считали исключительно южностепной культурой, ограничивая ее посевы южной Украиной и Северным Кавказом. Сейчас эта ценная зерновая и фуражная культура широко распространена по всему югу и средней полосе Русской равнины. Новой культурой для юга Русской

равнины стал хлопчатник, появились также отсутствовавшие здесь ранее арахис (земляной орех), соя, канатник, перилла и целый ряд других культурных растений.

Большие изменения под воздействием человека произошли в почвенном покрове. На большей части Русской равнины преобладают не девственные, окультуренные почвы, преобразованные многолетней распашкой, внесением удобрений и изменением характера растительного покрова. Распахиваемые почвы в условиях выраженного рельефа подвергаются смыву, что резко снижает их плодородие. Особенно сильно пострадали от эрозии серые лесостепные почвы и черноземы. При длительном сельскохозяйственном использовании разрушается структура почв, ухудшается их водный и воздушный режим.

Как правило, при низкой агротехнике плодородие окультуренных почв ниже плодородия девственных почв. В дореволюционной России истощение охватило даже типичные тучные черноземы. Однако научно правильное сельскохозяйственное использование почв не только не снижает, но и повышает их плодородие. Окультуренные подзолистые почвы обычно богаче гумусом и менее оподзолены, чем типичные лесные подзолы. В украинской лесостепи широко распространены плодородные реградированные (проградированные) черноземы, возникновение которых в значительной мере обязано деятельности человека.

1.5 Снежный покров.

Для перехода к объемам воды на поверхности бассейна или к запасам воды в снеге, необходимо привлекать данные о его плотности и толщине, что потребует дополнительных дистанционных измерений. Прогнозирование стока весеннего половодья по запасам воды в снеге осуществляется с максимальной заблаговременностью и поэтому представляет особый интерес. Первые дистанционные исследования снежного покрова на

ограниченных территориях начиная с 50-х годов проводились методами аэрофотосъемки. Техника идентификации снежного покрова, основанная на обычной интерпретации фотоизображений по дешифровочным признакам, сводится к отделению снежного покрова от облачности, проведению границ снега и переносу информации со спутникового изображения на карту или картографическую основу.

Зимние циклонические осадки образуют снежный покров высотой 60—70 см, который лежит до 220 дней в году, к юго-западу продолжительность залегания снежного покрова сокращается до 3—4 месяцев в году, а средняя многолетняя высота его сокращается до 10—20 см. По мере продвижения в глубь материка циклоническая деятельность и связанный с ней западный перенос на юге Восточно-Европейской равнины ослабевает. Вместо этого возрастает повторяемость антициклонов. В условиях устойчивых антициклонов усиливаются процессы трансформации воздушных масс, в результате которых влажный западный воздух быстро преобразуется в континентальный. В силу этого атмосферных осадков в южной части равнины выпадает 500—300 мм в год и их количество быстро уменьшается в юго-восточном направлении до 200 мм и местами меньше. Снежный покров маломощный и лежит непродолжительное время: 2—3 месяца на юго-западе. На увеличение годовых сумм осадков оказывает влияние рельеф. Например, в Донецком кряже выпадает 450 мм осадков, а в окружающей его степи — 400 мм. Разница в годовой сумме осадков между Приволжской возвышенностью и низменным Заволжьем составляет около 100 мм. В южной половине равнины максимум осадков приходится на июнь, а в средней полосе — на июль. Южная половина характеризуется наименьшей, а северная половина — наибольшей относительной влажностью.

Практически осадки выпадают из всех воздушных масс, но основная часть их связана с атлантическим воздухом умеренных широт. На юго-запад много влаги приносит тропический воздух. Выпадение осадков главным образом обусловлено циркуляцией воздушных масс на арктическом и

полярном фронтах, и только 10% их дают внутримассовые процессы в летний период.

Средняя мощность снега в центральном районе Русской равнины составляет 60 см, на северо-западе – 50 см. Распространение мощности снежного покрова на той или иной территории в целом зависит от местных условий. На открытых приподнятых участках, особенно в наветренных склонах, мощность снега обычно меньше, чем в понижениях и на подветренных склонах. В лесу за счет метелей снега больше, чем на открытых участках.

Центральная часть .Устойчивый снежный покров образуется в ноябре. В зависимости от преобладающего типа атмосферной циркуляции в предзимний период даты установления устойчивого снежного покрова в отдельные годы существенно сдвигаются. Так, на северо-востоке района ранние сроки установления снежного покрова приходятся на первую половину октября, а на юго-западе на конец октября, поздние сроки соответственно на середину декабря и первую декаду января.

С образованием снежного покрова высота его постепенно увеличивается и достигает максимума на западе района в конце февраля, в центральной части в первой декаде марта и на востоке в середине марта. Наибольшая высота снежного покрова наблюдается на северо-востоке территории 55-65 см, в центральной части 35-50 см и на юге 25-30 см. Процесс снеготаяния весной происходит очень быстро, длительность интенсивного снеготаяния на северо-востоке составляет 6-12 дней, а на юге уменьшается до 3-5 дней. Средняя дата схода устойчивого снежного покрова изменяется по территории от 1-6 апреля на юго западе 15-20 апреля на северо-востоке. Нередко после разрушения устойчивого снежного покрова снег вновь выпадает на непродолжительное время, поэтому в среднем за многолетие окончательный сход снежного покрова наблюдается примерно на 6-8 дней позднее чем разрушение устойчивого покров. В лесу снег сходит на 5-20 дней позднее чем в поле.

Северная часть. На севере Карелии первый снежный покров появляется в середине октября. В отдельные годы он может образовываться даже в третьей декаде сентября. По мере продвижения к югу появление снега задерживается до конца октября, а на побережье Белого моря, Онежского и Ладожского озер и в юго-западной части Северо-Запада – до начала ноября. Однако устойчивый снежный покров на севере Карелии устанавливается только 8-13/XI, а на юге ее и в восточной части Северо-Запада – в конце ноября. По мере продвижения на юго-запад образование снежного покрова запаздывает до второй декады декабря. В некоторые годы устойчивого снежного покрова не бывает до конца декабря на севере Карелии и до середины января на остальной территории (1930, 1933, 1949).

В начале зимнего сезона высота снежного покрова невелика – менее 10 см. Максимальной мощности он достигает в третьей декаде февраля – второй декаде марта. Средняя из наибольших высот снежного покрова на полевых участках составляет от 35 до 55 см в Карелии и восточной части Ленинградской и Новгородской областей и менее 30 см в западной и южной частях Псковской, а также на юге Новгородской областей. На лесных полянах и в лесу под кронами деревьев средняя из наибольших высот снежного покрова колеблется от 60 см и более в Карелии и северо-восточной части Ленинградской области, до 40 см и менее – в юго-западной части территории.

Запас воды в снеге распределяется по территории в соответствии с мощностью снежного покрова. Наибольших своих значений снегозапасы достигают к моменту снеготаяния. На большей части Карелии средний из наибольших запасов воды в снежном покрове в поле составляет 110-160 мм (рис. 15); в северо-восточной части Ленинградской области – более 100 мм. На юго-западе территории запас воды в снеге уменьшается и в бассейне рек Ловати, Полисти и Шелона, не превышает 70 мм на полевых участках (рис. 16). Значительное увеличение запаса воды в снеге наблюдается в лесистой и пересеченной местности. Так, в Карелии в лесу и на лесных полянах средний

из наибольших запасов воды в снеге составляет 140-200 мм и лишь в районах, прилегающих к крупным водоемам, эти величины уменьшаются до 90-110 мм. Заметно выражено такое увеличение также на Карельской перешейке и в восточной части Ленинградской и Новгородской областей. Наибольшие запасы воды в снеге отмечены здесь в районах метеостанций Лесогорский (159 мм) и Охоны (152 мм). Однако величина запаса воды в снеге в лесу зависит от характера леса, породы деревьев, сомкнутости крон и т. п. В глубине елового леса мощность снежного покрова и запас воды в нем может быть меньше, чем в поле из-за задержки снега кронами деревьев, с которых он испаряется, не достигая земли.

Снежный покров держится 170-180 дней на севере и 155-170 дней на юге Карелии. На Северо-Западе продолжительность устойчивого снежного покрова колеблется от 100-110 дней в юго-западной части – до 130-150 дней в северо-восточной его части.

Таяние снега в Карелии начинается на юге с середины марта, на остальной части территории – в третьей декаде марта и продолжается в среднем 30-35 дней. По мере перемещения к северу разрушение снежного покрова задерживается от конца апреля, а на самом крайнем севере до начала мая. На Северо-Западе разрушение устойчивого снежного покрова происходит в конце марта в юго-западной его части и во второй декаде апреля – в северо-восточной. Окончательно снег исчезает в первой – третьей декаде апреля в отдельных районах Северо-Запада и в теплые малоснежные зимы – в Карелии.

Одной из характеристик снежного покрова является его плотность. На территории Карелии плотность снега меняется незначительно: в поле она составляет 0,22-0,28 г/см³, а на лесных полянах и в лесу под кронами деревьев несколько меньше (в среднем на 0,01-0,03 г/см³). На Северо-Западе средняя плотность снега при наибольшей декадной высоте меняется от 0,19 до 0,27 г/см³.

Южная часть. Меньше всего снега Туранской низменности, Закавказье, Крым. В более южных районах Продолжительность залегания Снежный покров в пределах России увеличивается с Ю. и Ю.-З. на С. и С.-В. от 20 сут (в равнинных районах Крыма, Закавказья и Средней Азии) до 240—280 сут в северных районах страны. Во всех горных районах на Ю. России выше 2000 м снег лежит более 200 сут в году, а выше снеговой линии — в течение всего года.

1.6 Исходные данные

1.6.1 Ежедневные данные об осадках и температуре

Массив данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России.

Источник: Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных

ГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»

Перечень станций России для новой версии архива составлен на основании Списка станций Росгидромета, включенных в Глобальную сеть наблюдений за климатом (утвержденного Руководителем Росгидромета 25 марта 2004г.) и списка реперных метеорологических станций Росгидромета, подготовленного в Главной Геофизической Обсерватории им. А.И. Воейкова (исп. Зав. ОМРЭИ ГГО В.И.Кондратюк).

Массив данных содержит информацию по 1124 станциям России (1055 российских станций) и независимых государств (бывших республик СССР).

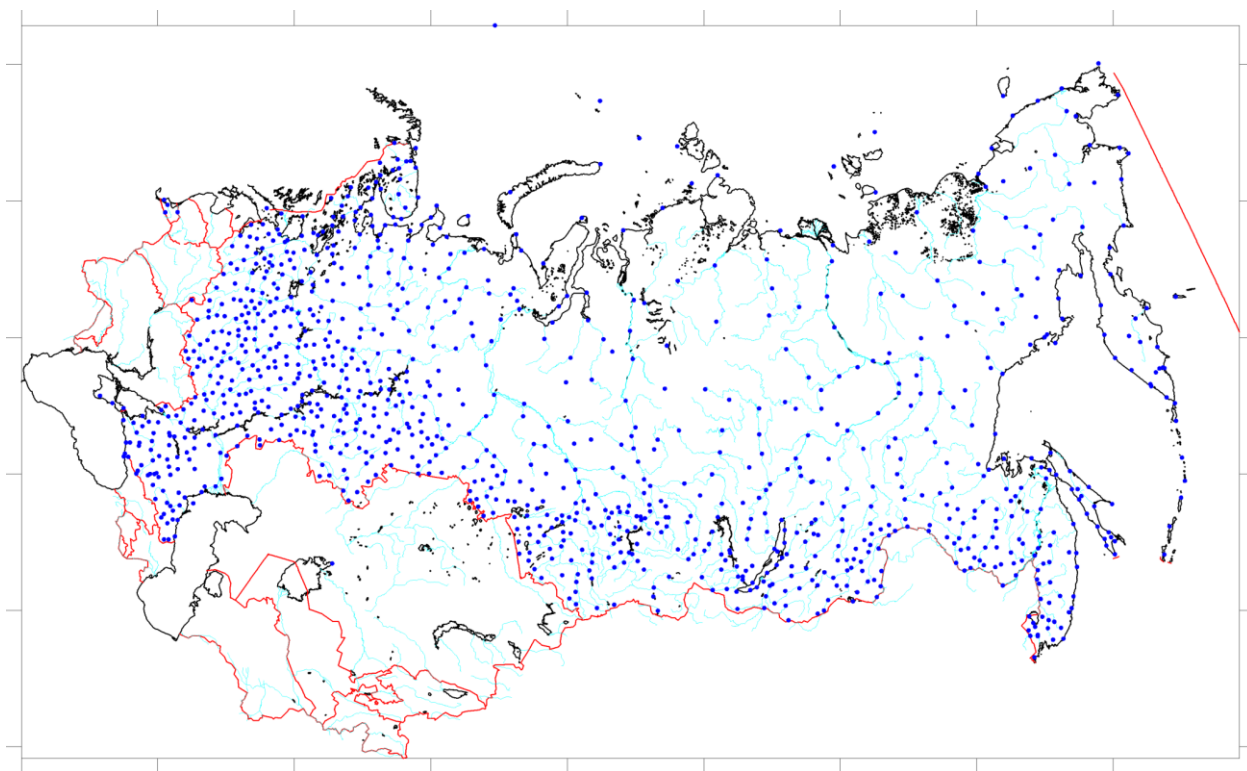


Рис. 4 Расположение метеорологических станций

1.6.2 Данные маршрутных снегосъемок

Источник: Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных ГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»

Массив содержит характеристики снежного покрова по данным маршрутных снегомерных съемок. Наблюдения за снежным покровом по регламенту маршрутных снегосъемок осуществляются через каждые 10 дней в течение холодного периода (каждые пять дней в период интенсивного снеготаяния). Массив планируется регулярно (один раз в год) обновлять. Список станций формировался на основе списка ВМО (Publication No. 9, Volume A, Observing Stations). Были отобраны станции, наблюдения на которых осуществлялись в течение всего периода, начиная с 1966 года по настоящее время (отсутствие наблюдений не более 2-х лет).

В массиве приведены данные 517 метеорологических станций России

с 1966 года по настоящее время.

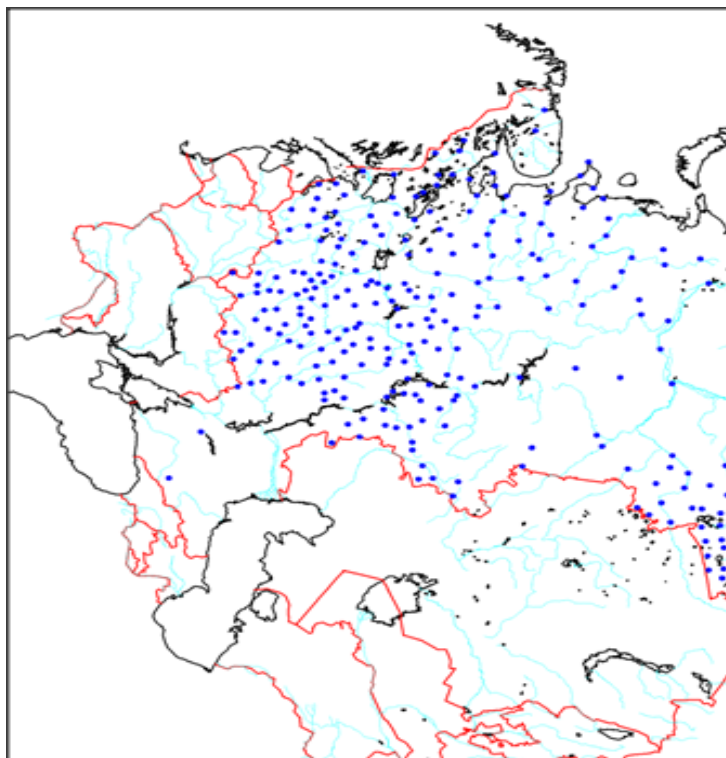


Рис.5 Расположение станций маршрутных снегомерных съемок

Снегоъемки осуществляются отдельно для трех типов ландшафта: поле, лес и овраги. Длина маршрута составляет 1 или 2 км (в поле и в лесу). Каждые 10 (в лесу) или 20 (в поле) метров измеряется высота снежного покрова, каждые 100 (в лесу) или 200 (в поле) метров измеряются остальные характеристики снежного покрова. В оврагах измерения проводятся только по заданию Гидрометеорологической обсерватории. Каждая запись в архиве содержит 19 характеристик.

На втором этапе выбраны станции с отсутствием пропусков в данных. Из 217-ти станций в расчетах использовалось 58 станций которые относятся к Европейской части России. Деление на Западную и Восточные части производилось по меридиану 60° восточной долготы (см. рисунок 6)

Определение истинной величины снегозапасов в бассейне является довольно проблематичным занятием. В связи с тем, что снег залегает на местности неравномерно. Причины тому:

1. На разных территориях выпадает разное количество твёрдых осадков;
2. Очень сильно влияет ветер, который переносит выпавший снег с одного места на другое. Перенос снега начинается уже при скорости ветра 5 - 7 м/с. С открытых поверхностей снег заносится в лощины, балки, овраги, русла рек и ручьёв.

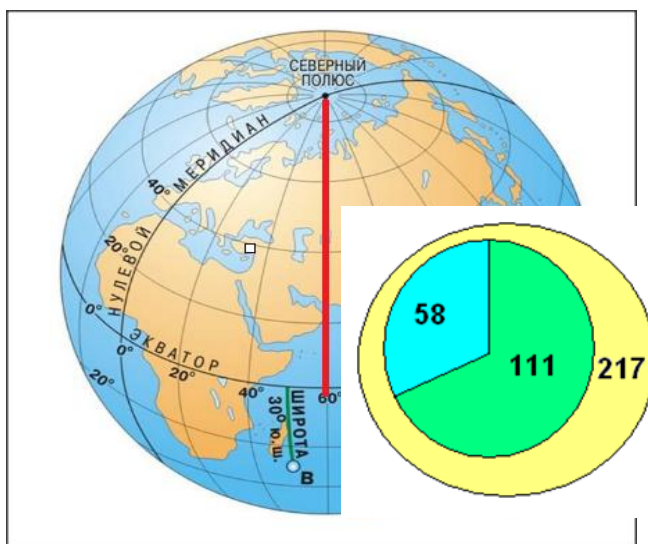


Рис.6 Деление на Западные и Восточные части по меридиану 60° восточной долготы

Измерения снеговых осадков и скорости снеготаяния. Путем подогрева осадкомера можно растопить попадающий в него снег и затем измерить соответствующее количество осадков. Для этого необходима энергия, которая в отдаленных местах редко имеется в нужном количестве. Кроме того, есть и другие проблемы. Если осадкомер установить на поверхность земли или в яму, в снеге вокруг него вследствие таяния появится впадина, что повлияет на последующий сбор. Если же осадкомер поднять на высоту, превышавшую максимальную толщину слоя снега, существенными станут погрешности, вносимые действием ветра. Явление выпадения снега представляет, интерес в метеорологическом плане, но гидрологов больше интересует снеготаяние. Для прогнозирования же снеготаяния нужно знать количество снега, находящегося в бассейне. Измерение количества выпадающего снега мало помогает этому, особенно в

гористых районах, поскольку после выпадения снег часто перемещается ветром, прежде чем начинает таять. Поэтому количество снега в бассейне необходимо измерять в несколько моментов времени. Из-за особенностей ветрового переноса снега выбрать репрезентативное место для измерений обычно трудно (значительно труднее, чем для измерений дождевых осадков). Отыскав такое место, можно измерять либо глубину, либо массу снега. В последнем случае используют так называемую «снеговую подушку» и измеряют массу снега по давлению, которое он оказывает на эту эластичную заполненную жидкостью емкость. Однако вследствие смерзания и изменения состояние снега в измерениях может появиться погрешность, так как снег в этих случаях будет оказывать давление не всей своей массой. Трудно наладить и автоматическое измерение высоты снежного покрова. Дело осложняется еще тем, что поскольку плотность снега неизвестна, то будет неизвестен и водный эквивалент, который можно оценить лишь приблизительно. Дистанционные измерения со спутников превращаются в конкурентоспособную альтернативу наблюдениям на месте, особенно в больших бассейнах. Самое прямое и простейшее решение – измерять количество снега, когда он тает, т.е. определять поступление жидкой воды в бассейн. Этого можно достичь, установив дождемер ниже слоя снега, как бы замаскировав его под местность, так чтобы прибор не влиял на таяние и выпадения снега, а талая вода поступала бы в него в тех же количествах и с такой же скоростью, как и на прилегающую местность. Коллекторы вс большей поверхностью, чем имеют дождемеры, позволяют уменьшить влияние непредсказуемых перемещений талой воды внутри массы снега.

Используемые таким способом дождемеры можно подключать к регистратору точно так, как при сборе дождя. Давление в снеговой подушке воспринимается преобразованием давления. Хотя фактические значения давления, измеряемые в том и другом случае, разные, принцип действия

остается одним и тем же. Однако в случае снеговой подушки с одной ее стороны не будет вакуума, она будет открыта воздействию атмосферы, благодаря чему изменения в барометрическом давлении будут уравниваться.

1.6.3 Данные спутникового зондирования

В качестве данных спутникового зондирования о запасах воды в снеге использованы материалы проекта Финского метеорологического института GLOBSNOW – SnowWaterEquivalent (SWE).

Данные представляют собой массив значений запаса воды в снеге (в мм слоя) в узлах сетки для всего Северного полушария. По специально разработанной программе из указанного массива выбраны узлы расположенные в пределах от 42° до 78° северной широты, от 27° до 60° восточной долготы и от 168° до 180° западной долготы.

На указанной поверхности расположены 57 493 узла сетки, из них часть попадает на водную поверхность, а часть – в горные районы.

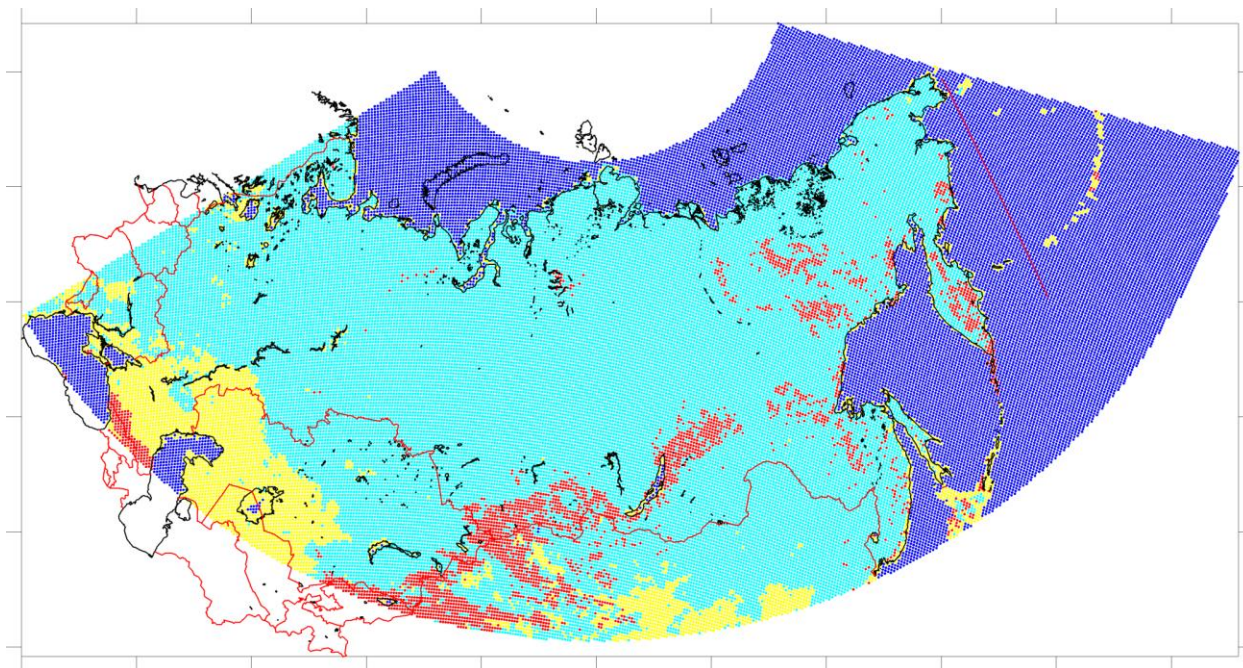


Рис.7 57 493 узла сетки. Дата: 2 января 2011 г. Обозначения: 1 – узлы с данными SWE (ненулевые значения), 2 – отсутствие снега (нулевые значения SWE), 3 – вода, 4 – горы.

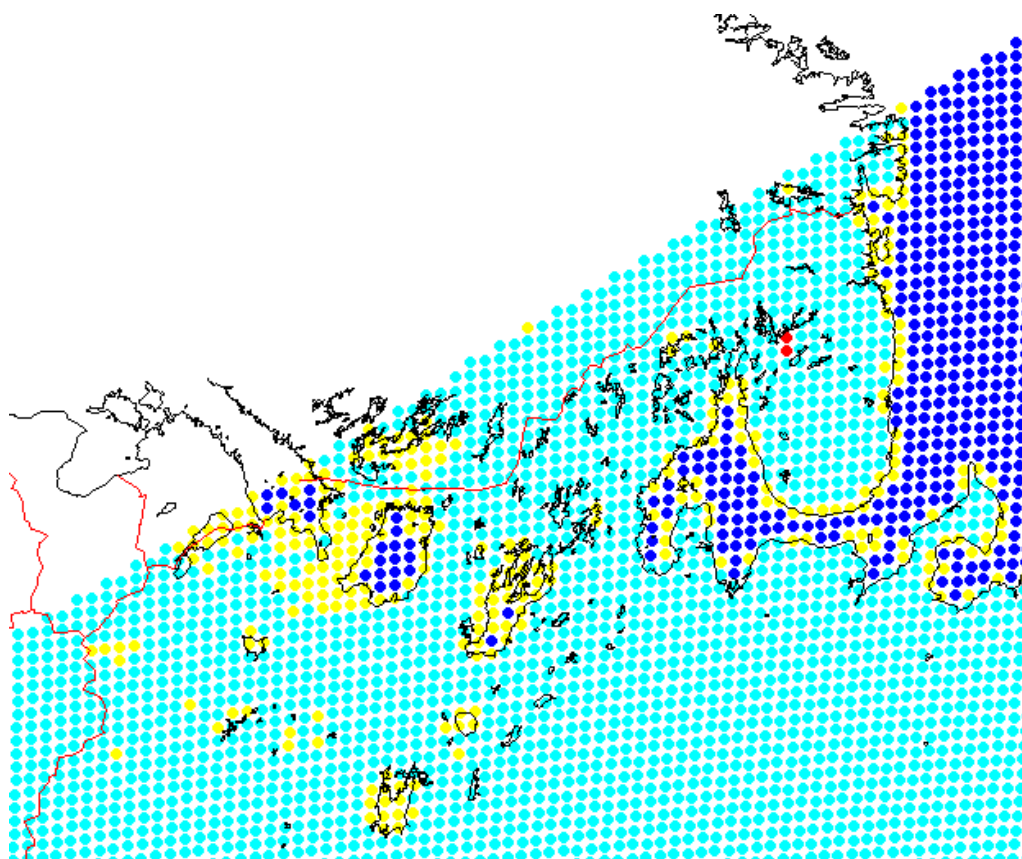


Рис.8 Расположение узлов сетки с данными SWE (SnowWaterEquivalent) для территории Северо-Запада России. Дата: 2 января 2011 г. Обозначения (цвет):

голубой – узлы с данными SWE (ненулевые значения), **желтый** – отсутствие снега (нулевые значения SWE), **синий** – вода, **красный** – горы.

Микроволновая СВЧ-радиометрия, она же пассивная микроволновая съемка, заключается в измерении интенсивности излучения на частотах от 6 до 37 ГГц. Относительная прозрачность атмосферы в микроволновом диапазоне делает эти данные чрезвычайно перспективными для определения параметров снежного покрова, особенно для малонаселенных территорий, где другие источники данных отсутствуют. Интенсивность микроволновой радиации и соответственно микроволновая яркостная температура, испускаемая снежным покровом, характеризуется распространением излучения, которое в свою очередь зависит от термодинамической температуры, плотности снега, его слоистости, структуры и зернистости (размера кристаллов снега), условий подстилающей поверхности. В микроволновом диапазоне снегу свойственен отрицательный спектральный градиент, поэтому при увеличении высоты снежного покрова в канале 18-19 ГГц температура падает медленнее, чем в канале 36-37 ГГц. Поэтому, как правило, в качестве индикатора появления снега на поверхности принимается положительное значение разности яркостных температур между 19 ГГц и 37 ГГц, которое с увеличением высоты снежного покрова пропорционально увеличиваться. Модели восстановления снегозапасов по данным дистанционных измерений, как правило, основаны на расчете разницы тех или иных частотных диапазонов микроволнового излучения в сочетании с коэффициентами, так или иначе характеризующими особенности поверхности.

Наиболее важной проблемой, стоящей на пути эффективного картирования снегозапасов, стоит малое разрешение, предоставляемое пассивной съемкой, и насыщение влагой снежного покрова талой водой во время оттепелей и в период снеготаяния, что приводит к повышению яркостных температур в точке, в которой подстилающая поверхность воспринимается как бесснежный участок. Серьезные проблемы возникают с

лесной растительностью, затеняющей снежный покров. Еще одна проблема, приводящая к большим погрешностям при измерении, заключается в полном рассеивании микроволнового излучения до достижения поверхности снега, и, следовательно, занижению данных на территории с большой мощностью снежного покрова

Для каждого региона есть факторы, приводящие к погрешностям. Так основной проблемой при восстановлении снеготопливных запасов на водосборах рек северной части Восточно-Европейской равнины являются значительная лесистость и мощный снежный покров.

В южной части величина потеплений увеличивает ошибку замера, т.к. поступление жидкой воды в снежную толщу, приводит к повышению яркостных температур в точке, в которой подстилающая поверхность воспринимается как бесснежный участок.

ГЛАВА 2

Математический аппарат

2.1 Математическая модель снеготопливных запасов

С даты устойчивого перехода температур к отрицательным значениям выполнялось суммирование твердых осадков (снега, X) с коэффициентом потерь (k_f). В период оттепелей водоотдача учитывалась температурным коэффициентом (k_t) и положительными температурами (t^+).

Формула для расчета снеготопливных запасов, как суммы выпавших твердых осадков (снега) с учетом водоотдачи в период оттепелей на каждый (i -ый) день:

$$S_i = \sum_{i=1}^m kf \cdot X_i - kt \cdot t_i^+$$

Параметры модели kf и kt определялись при решении обратной задачи по известным запасам воды в снежном покрове (по данным снегомерных наблюдений), температуре и осадкам. Оптимизация выполнялась с помощью процедуры поиска решения MSExcel и решения системы линейных уравнений с переопределенной матрицей.

2.2 Поиск решения в Excel

Надстройка "Поиск решения" является частью набора команд, которые иногда называют средствами анализа "что-если". С помощью этой надстройки можно найти оптимальное значение (максимум или минимум) формулы, содержащейся в одной ячейке, называемой целевой, с учетом ограничений на значения в других ячейках с формулами на листе. Надстройка "Поиск решения" работает с группой ячеек, называемых ячейками переменных решения или просто ячейками переменных, которые используются при расчете формул в целевых ячейках и ячейках ограничения. Надстройка "Поиск решения" изменяет значения в ячейках переменных решения согласно пределам ячеек ограничения и выводит результат в целевой ячейке. В нашей работе мы используем поиск решений excel для нахождения коэффициентов kf и kt , программа производит расчеты таким образом что бы $S_{расчетная}$ была наиболее приближена к $S_{фактическая}$, т.е. находим оптимальные значения параметров.

2.3 Переопределенная система линейных уравнений

Переопределенные системы совместных линейных уравнений часто встречаются в задачах аппроксимации экспериментальных данных при помощи различных эмпирических кривых. Решение *переопределенных систем уравнений* является весьма трудоемким и зачастую практически нереализуемо без помощи ЭВМ.

Решается система $AX=B$, где

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

а общее число уравнений (m) в системе больше числа неизвестных (n). Её решением считается скаляр $(AX-B)$ $(AX-B)$ принимает наименьшее значение. Решение сводится к решению системы:

$$[A' \quad A] \cdot [A \quad B],$$

где A' – транспонированная матрица A . Для этого используется метод квадратных корней.

Решение системы $AX=B$ методом квадратных корней реализуется по следующим формулам прямого хода:

$$a_{II}^I = \sqrt{a_{II}}, \quad a_{Ij}^{(I)} = \frac{a_{Ij}}{a_{II}^I}$$

$$f_l^{(I)} = \frac{f_l}{a_{lj}^{(I)}}, j = 1, 2, 3, \dots n.$$

$$a_{ii}^{(I)} = \sqrt{a_{ii} - \sum_{k=1}^{i-1} a_{ki}^{(I)2}}, i = 1, 2, 3, \dots n$$

$$a_{ij}^{(I)} = (a_{jj} - \sum_{k=1}^{i-1} \frac{a_{ki}^{(I)} a_{kj}^{(I)}}{a_{ii}^{(I)}}), j > i$$

$$f_l^{(I)} = (f_i - \sum_{k=1}^{i-1} f_k^{(I)} a_{kj}^{(I)}) / a_{ii}^{(I)}, x_n = f_n^{(I)} / a_{nn}^{(I)}$$

Затем проводится обратный ход:

$$x_i = \left(f_i^{(I)} - \sum_{k=i+1}^n a_{ik}^{(I)} x_k \right) / a_{ii}^{(I)}, i = n, n-1, \dots, 1$$

2.4 Оценка расчетов по критерию S/σ

Оценка эффективности методики прогнозирования позволяет установить возможность ее практического применения. При оценке эффективности методики и оправдываемости прогнозов требуется выполнение двух условий:

- 1) должна быть соблюдена объективность системы оценки прогнозов;
- 2) необходимо иметь возможность проводить сравнительную оценку;

Выполнение первого условия способствует совершенствованию методик прогнозирования, а второе условие позволяет выявить среди большого числа методик наиболее эффективные.

При оценке прогнозов предполагается, что ошибки каждого прогноза случайны, а их распределение подчиняется уравнению нормального распределения. Распределение погрешностей прогнозов имеет асимметричный характер. Всегда есть определенный предел их минимальных значений. Опытные данные показывают, что в пределах обеспеченности от 10 до 90 % распределение ошибок близко к нормальному. Это и позволяет при оценке эффективности методики и оправдываемости гидрологических прогнозов использовать уравнение нормального распределения:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-\Delta^2}{2\sigma^2}} \quad (1.1)$$

где $p(x)$ -вероятность данного отклонения случайной переменной от ее нормы $\bar{x}$; Δ -заданное значение этого отклонения; σ -среднее квадратическое отклонение величины x .

О вероятности того, что переменная заключена в диапазоне ($x \pm t \sigma$), можно судить по представленным в табличном виде результатам интегрирования

уравнения, В таблице приводятся значения вероятности

$p(x \pm t_p \sigma)$, отвечающие разным значениям $t_p = \frac{\Delta}{\sigma}$, где t_p -отклонения от нормы в долях среднего квадратического. Зная вероятность доверительного интервала, можно перейти к обеспеченности крайних в данном интервале значений ожидаемой переменной по выражению:

$$p[x \geq (\bar{x} + t_p \sigma)] = \frac{1 - p(\bar{x} \pm t_p \sigma)}{2} \quad (1.2)$$

Для верхнего предела,

$$p[x \geq (\bar{x} - t_p \sigma)] = \frac{1 + p(\bar{x} \pm t_p \sigma)}{2} \quad (1.3)$$

Для нижнего предела.

По этим выражениям можно установить обеспеченность различных значений предсказываемой переменной.

В пределах $\pm 0,674\sigma$ заключена половина площади нормированной кривой нормального распределения. Отклонение от нормы, равное $\pm 0,674\sigma$, называют вероятным отклонением, которое принимается за допустимую погрешность прогнозов $\sigma_{\text{доп}}$. В краткосрочных прогнозах расходов и уровней воды в случае, если предшествующая водность в какой-то степени может определять прогнозируемую характеристику, величина $\sigma_{\text{доп}}$ вычисляется по формуле:

$$\sigma_{\text{доп}} = \pm 0,674\sigma_{\Delta} \quad (1.4)$$

где σ_{Δ} - среднее квадратическое отклонение изменения прогнозируемой величины за период заблаговременности прогноза от среднего значения этого изменения:

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n-1}}, \quad (1.5)$$

где Δ_i , - изменение прогнозируемой величины за период заблаговременности прогноза; $\bar{\Delta}$ - среднее значение этих изменений; n - число изменений.

В долгосрочных прогнозах за допустимую погрешность принимается вероятное отклонение

$$\delta_{\text{доп}} = \pm 0,674\sigma \quad (1.6)$$

здесь σ - среднее квадратическое отклонение прогнозируемого значения элемента от среднего:

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (1.7)$$

где y_i - значение прогнозируемой величины; y - ее среднее значение; n - число членов ряда.

При вычислении допустимой погрешности прогнозов в зависимости от даты выпуска прогноза используют формулы (1.4) или (1.6). Если прогноз выпускается до начала половодья, паводка, вегетационного периода, допустимую погрешность за указанные периоды определяют по формуле (1.6). Если же прогноз составляется после начала периода, то используют формулу (1.4).

Допустимая погрешность прогноза максимальных расходов дождевых паводков, минимальных уровней воды периода навигации, зимней межени, осеннего ледообразования определяется по формуле (1.4). По формуле (1.6) вычисляется допустимая погрешность прогноза характерных уровней весенних ледовых явлений, составляемого до начала весенней прибыви воды, по формуле (1.4) - во время развития половодья.

За допустимую погрешность прогноза средних, минимальных и максимальных уровней (расходов) воды на календарные периоды

принимается меньшее из значений - $0,674 \sigma$ или $0,674 \sigma$. Изменение уровней (расходов) воды определяется как разность между начальным средним уровнем (расходом) воды и характерным уровнем (расходом) воды периода, на который дается прогноз. Начальный расход определяется в зависимости от даты выпуска прогноза. Если прогноз составляется в первый день расчетного календарного периода, то за начальный расход принимается средний расход за предшествующую декаду. В случае, когда прогноз составляется в середине или конце какой-либо из предшествующих декад, за начальный расход принимается средний расход за ту же декаду. Тогда за начальный расход принимается средний расход за вторую декаду июля. Если же прогноз составляется в начале какой-либо из декад, то за начальный расход принимается средний расход за предшествующую декаду.

Заблаговременность краткосрочных прогнозов времени наступления гидрологических явлений (водных и ледовых) определяется периодом от даты выпуска прогноза до указанной в прогнозе даты.

Заблаговременность долгосрочных прогнозов водного и ледового режимов определяется по разности между датами выпуска прогноза и окончания или наступления прогнозируемого явления.

Средняя заблаговременность прогнозов, составляемых по конкретной методике, равна средней заблаговременности всех проверочных прогнозов.

Допустимая погрешность долгосрочных прогнозов времени наступления ледовых явлений в пункте определяется следующим образом:

1) если прогноз составляется раньше даты наступления прогнозируемого явления, то допустимая погрешность определяется по выражению (1.6); при этом используется среднее квадратическое отклонение дат наступления явления от среднего многолетнего;

2) если прогноз выпускается позже самой ранней даты наступления предсказываемого явления, то допустимая погрешность принимается равной вероятному отклонению от нормы с учетом сокращенной амплитуды A_c , которая определяется по разности между самой поздней датой наступления прогнозируемого явления и датой выпуска прогноза.

Таким образом, допустимая погрешность

$$\delta_{\text{доп}} = f\left(\sigma; \frac{A_c}{A_M}\right),$$

где σ - среднее квадратическое отклонение от нормы, а $\frac{A_c}{A_M}$ - отношение сокращенной амплитуды к многолетней. Допустимая погрешность берется из табл. 2 Наставления [39].

Прогнозы времени наступления ледовых явлений выпускаются для пункта и участка реки, озера или водохранилища. В последнем случае прогнозируется отдельно дата начала явления и дата его распространения на весь участок.

Допустимые погрешности краткосрочных прогнозов дат наступления явлений назначаются в зависимости от заблаговременности прогнозов.

<i>Заблаговременность, сут.</i>	<i>1-3</i>	<i>4-5</i>	<i>6-9</i>	<i>10-13</i>	<i>14-15</i>
<i>Допустимая погрешность, сут.</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>

В краткосрочных прогнозах толщины ледяного покрова даются сведения об ее изменении за период заблаговременности прогноза. Допустимые погрешности прогноза толщины льда определяются в зависимости от фактического изменения ее значения за период от даты выпуска прогноза до даты, на которую составляется прогноз.

<i>Фактическое изменение толщины льда, см</i>	<i>10</i>	<i>11-15</i>	<i>16-20</i>	<i>21-25</i>	<i>26-30</i>	<i>>30</i>
<i>Допустимая погрешность, см</i>	<i>±3</i>	<i>±4</i>	<i>±5</i>	<i>±6</i>	<i>±8</i>	<i>±10</i>

Прогноз считается оправдавшимся, если абсолютная величина его погрешности меньше или равна допустимой.

Постоянное значение допустимой погрешности приводит к тому, что оправдавшиеся прогнозы имеют разную точность. При малых значениях предсказываемого стока (расхода, объема и т.п.) допустимая погрешность может даже превышать это значение.

Мерой точности методики прогнозирования является средняя квадратическая погрешность проверочных прогнозов, вычисляемая по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2}{n-m}} \quad (1.8)$$

где y_i и y'_i - соответственно фактическое и предсказанное значения; n - число членов ряда; m - число степеней свободы, равное числу постоянных в прогностическом уравнении.

Исходя из того, что распределение погрешностей прогнозов и распределение отклонений гидрологических величин от нормы близки к нормальному, за критерий применимости и качества методики принято отношение S/σ_Δ и S/σ . Эти отношения являются показателями эффективности и точности прогнозирования, ибо показывают выигрыш в распределении погрешностей, который дает метод прогнозирования по сравнению с распределением погрешностей при принятии ожидаемой величины по ее норме или норме изменения за период заблаговременности прогноза.

Методика прогнозирования считается приемлемой, если обеспеченность допустимой погрешности проверочных прогнозов не менее чем на 10 %

превышает обеспеченность вероятного отклонения от нормы. Учитывая, что погрешности определения S и σ зависят также и от числа членов ряда n , установлены следующие условия применимости методик прогнозирования:

При $n \leq 15$ $S/\sigma \leq 0,70$

При $15 < n < 25$ $S/\sigma \leq 0,75$

При $n \geq 25$ $S/\sigma \leq 0,80$

Точность связи между предсказываемым явлением и его факторами характеризует также корреляционное отношение:

$$\rho = \sqrt{1 - \left(\frac{S}{\sigma}\right)^2} \quad (1.9)$$

Для линейных зависимостей корреляционное отношение численно совпадает с коэффициентом корреляции $r = \rho$. Уменьшение соотношения S/σ или возрастание значения ρ свидетельствует о повышении точности прогнозирования.

Качество методики устанавливается по величине S/σ или ρ (табл. 1.1).

Таблица 1.1 Показатели качества методики при $n \geq 25$

Категория качества методики	S/σ	ρ	Обеспеченность допустимой погрешности прогноза, %
Хорошая	$\leq 0,5$	$\geq 0,87$	≥ 82
Удовлетворительная	0,51-0,80	0,86-0,60	81-60

Примечание. При числе членов ряда $n < 15$ табличные значения S/σ уменьшаются на 0,1, а при $15 < n < 25$ на 0,05.

Оценка применимости и качеств методик прогнозов времени наступления гидрологических явлений производится в зависимости от даты выпуска прогноза:

- а) при выпуске прогнозов раньше самой ранней даты наступления явления – по отношению S/σ ;
- б) при выпуске прогнозов на дату в пределах многолетней амплитуды наступления явления - по соотношению S/σ_c где - σ_c среднее квадратическое отклонение в пределах сокращенной амплитуды (от даты составления прогноза до самой поздней даты явления);
- в) методики, не имеющие фиксированной даты составления прогноза, оцениваются по средней квадратической погрешности проверочных прогнозов в зависимости от допустимой погрешности данного метода (табл. 1.2).

Таблица 1.2 Показатели качества методики прогноза дат

Оценка методики	Допустимая погрешность, сут.						
	1	2	3	4	5	6	7
Хорошая при $S \leq$	0,7	1,5	2,2	3,0	3,7	4,5	5,2
Удовлетворительная при $S \leq$	1,2	2,4	3,6	4,8	5,9	7,1	8,2

Оценка методик краткосрочных гидрологических прогнозов, использующих прогнозы элементов погоды (температура воздуха, скорость ветра и др.), производится по фактическим значениям метеорологических величин. Методика считается приемлемой для выпуска прогнозов, если погрешность проверочных прогнозов в 85 % случаев из их общего числа не превышает допустимую. Допустимая погрешность назначается исходя из средней

заблаговременности прогнозов времени наступления осенних (4 сут.) и весенних (6 сут.) явлений.

Оценка точности может не совпадать с оценкой тесноты связи через коэффициент корреляции. Например, связь между соответственными уровнями двух постов реки может характеризоваться высоким коэффициентом корреляции, а отношение S/σ_{Δ} близко к единице.

В этом случае методика не дает выигрыш, а по сравнению с прогнозом по среднему изменению уровня на нижнем посту за период заблаговременности прогноза.

Высокое значение коэффициента корреляции может иметь место при наличии систематических ошибок в сторону завышения или занижения.

Анализ ошибок прогнозирования может быть проведен путем построения кривых обеспеченности погрешностей прогнозов и отклонений предсказываемой величины от нормы. На основе сопоставления этих кривых можно установить преимущество, которое дают прогнозы по методике в сравнении с прогнозом по норме.

ГЛАВА 3

Расчет ежедневных снегозапасов

3.1 Определение устойчивого перехода температуры через 0 к отрицательным значениям

Для определения даты начала снегонакопления на водосборе, необходимо определить дату устойчивого перехода температуры на поверхности (приземной температуры) к отрицательным значениям по сумме температур в осенний период. Определяем дату когда температура

становится ниже 5°C , производим суммирование температур до даты, когда сумма принимает численные значения меньше 5. Дата соответствующая первому значению после максимума суммы температур и принимается за устойчивый переход к отрицательным значениям представлено на рисунке 9

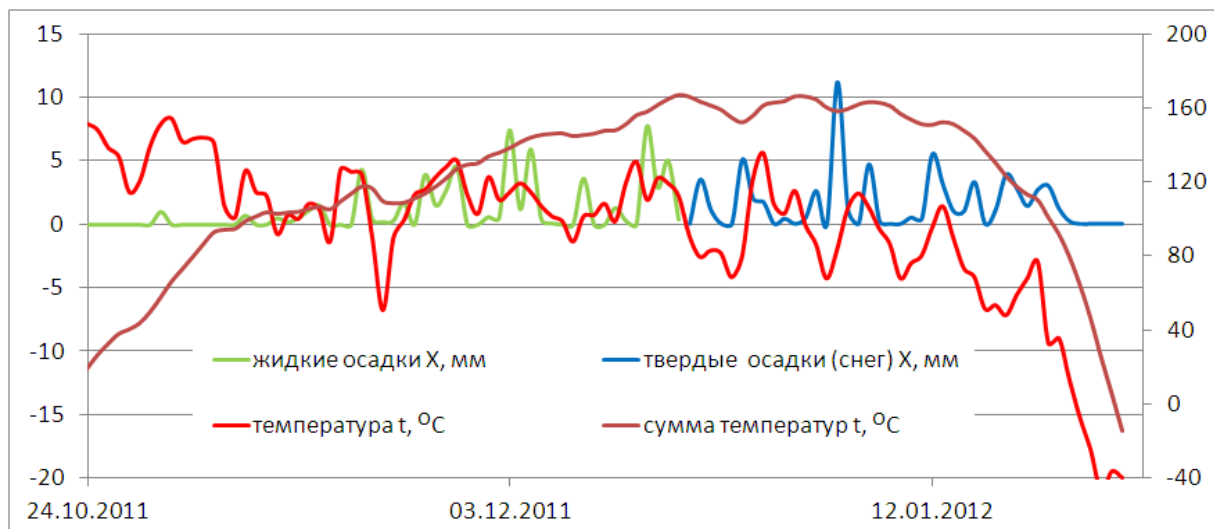


Рисунок 9 Дата устойчивого перехода к отрицательным значениям

3.2. Результаты моделирования накопления снеготпасов

3.3. Результаты сравнения спутниковых данных с данными маршрутных снегосьеомок

Выводы:

Список литературы

1. Кислов А.В. Связь границы снежного покрова на континентах с температурой и влажностью воздуха // Метеорология и гидрология, 1994, № 8, с. 52–56.
2. Китаев Л.М., Володичева Н.А., Олейников А.Д. Особенности сроков залегания снежного покрова в условиях гор и предгорий (на примере Большого Кавказа) // Криосфера Земли, 2003, т. VII, № 4, с. 82–89.
3. Кондратьев Х.Я. Глобальные изменения климата: данные наблюдений и результаты численного моделирования // Исследования Земли из космоса, 2004, вып. 2, № 7, с. 61–96.
4. Носенко Г.А., Долгих Н.А., Носенко О.А. О возможности практической реализации существующих алгоритмов восстановления

- характеристик снежного покрова по данным микроволновых съемок из космоса для мониторинга вод- ных ресурсов // Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов: Сб. / Под ред. Е.А. Лупяна. М., Изд-во "GRANP polygraph", 2005, т. II, с. 150–156.
5. Шарков Е.А. Пассивное микроволновое зондирование Зем- ли: прошлое, настоящее и планы на будущее // Современ- ные проблемы дистанционного зондирования из космоса: Сб. М., Полиграф сервис, 2004, с. 70–80.
 6. Дьяконов В. П. Справочник по алгоритмам и программам на языке бейсик для персональных ЭВМ: Справочник. - М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1989.-240 с.
 7. Носенко О.А., Носенко Г.А. Особенности поведения радиоярких температур SSM/I в субполярных регионах России в течение зимы 2006/2007 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Т. 2. № 5. С. 160-164.
 8. Кучмент Л.С., Романов П.Ю., Гельфан А.Н., Демидов В.Н. Оценка характеристик снежного покрова путем совместного использования моделей и спутниковой информации // Исследование Земли из космоса. 2009. № 4. С. 1–10.
 9. Болдаков Е. В. Жизнь рек.— М. Гос. изд-во технико-теоретической литературы. 1993.—64 с.
 10. Виноградов Ю. Б. Этюды о селевых потоках.— Л. Гидрометеиздат. 1990.— 144 с.

Гинко С.С. Катастрофы на берегах рек.— Л. Гидрометеиздат. 1997.— 128 с.
 11. Наводнения и борьба с ними.— Серия „Науки о Земле", № 6. 1982. Изд.-во „Знание". М.—48 с.

12. Пясковский Р.В., Померанец К.С. Наводнения (Математическая теория и предсказания).—Л. Гидрометеиздат. 1982.— 176 с.
13. Авакян А. Природные и антропогенные причины наводнений/2001, №9 – с.22-27
14. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже 21 века/Вестн.РАН.- 2001.-№4-с.291-302
15. Нежиховский Р.А. Наводнения на реках и озерах. – М.: Гидрометеиздат, 1988.
16. Е.Г. Нечаева, С.А, Макаров. Снежный покров как объект регионального мониторинга среды обитания.//ж. География и природные ресурсы. 1996г., №2.
17. Дистанционное зондирование земли Е. Н. Сутырина-2013 46с
18. Котляков В.М. Избранные сочинения в шести книгах: Книга 2. Снежный покров и ледники Земли. М.: Наука, 2004. 488 с.
19. Коронкевич Н. И. Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения / АН СССР, Ин-т географии. — М.: Наука, 1990. — 208 с
20. Воробьев В. М. Волоковые пути на Главном водоразделе Русской равнины. Учебное пособие. — Тверь: Славянский мир, 2007. — 180 с
21. Алисов Б.П. Климат СССР. М., 1969.
22. Большая советская энциклопедия. Т. 12. М., 1973. Статья «Климат».
23. Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. М.: 1982.
24. Давыдова М.И., Раковская Э.М., Тушинский Г.К. Физическая география СССР. М., 1989.
25. Макунина А.А. Физическая география СССР. М., 1985.
26. Мячикова Н.А. Климат СССР. М.: 1983.
27. Тушинский Г.К., Давыдова М.И. Физическая география СССР. М., 1976.

28. Котляков В.М., Ходаков В.Г., Гринберг А.М. Тепловое проявление снежно-ледовых объектов как метод количественной интерпретации аэро- космической информации // Известия АН СССР. Сер. Геогр. 1981. № 3. С. 127–132.
29. Гарелик И.С., Гринберг А.М., Кренке А.Н. Использование материалов съемок со спутников для гляциологических исследований // Известия АН СССР. Сер. Геогр. 1975. № 1. С. 93–101.
30. Ревякин В.С. и др. Снежный покров Алтае-Саянской области // Труды МГИ. 1979. Вып. 35. С. 109–120.
31. Бураков Д.А., Кашкин В.Б., Сузинин А.И. и др. Методика определения заснеженности речного бассейна по спутниковым данным для оперативных прогнозов стока // Метеорология и гидрология. 1996. № 8. С. 100–109. 5. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер.