

Сибирский государственный университет путей сообщения

На правах рукописи



Ряполова Наталья Леонидовна

**ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЕОСИСТЕМ  
ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО СЕВЕРА**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
географических наук

Научный руководитель:  
доктор географических наук, профессор  
Попова Наталья Борисовна

Новосибирск – 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ГЕОСИСТЕМЫ – ИСХОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....	14
1.1 Особенности организации ландшафтных геосистем (ландшафтов) Западно-Сиббири.....	14
1.2 Физико-географические условия формирования геосистем Западно-Сибирского Севера.....	19
1.2.1 Рельеф.....	19
1.2.2 Климат .....	23
1.2.3 Почвы и растительность .....	39
2 МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	43
2.1 Экологический потенциал и его оценка .....	44
2.2 Экологическая техноёмкость территории .....	51
2.3 Исходные данные, порядок и результаты расчетов увлажнения, элементов влагооборота, экологического потенциала и экологической техноёмкости участка суши в средний год .....	53
2.3.1 Исходные данные .....	53
2.3.2 Порядок и результаты расчетов.....	54
2.4 Оценка устойчивости экосистем .....	68
3 ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОСИСТЕМ ЛАНДШАФТНЫХ ПРОВИНЦИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ .....	71
3.1 Условия увлажнения и теплообеспеченности земной поверхности ландшафтных провинций .....	71
3.2 Приходные и расходные элементы влагооборота ландшафтных провинций ..	95
4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТЕХНОЕМКОСТЬ ПРИЗЕМНЫХ СЛОЕВ АТМОСФЕРЫ, РЕСУРСОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ФИТОЦЕНОЗОВ ЛАНДШАФТНЫХ ПРОВИНЦИЙ .....	103

4.1 Научная основа для оценки эколого-географических параметров ландшафтных провинций .....	103
4.2 Экологическая техноёмкость приземных слоев атмосферы ландшафтных провинций .....	110
4.3 Экологическая техноёмкость ресурсов поверхностных вод ландшафтных провинций .....	117
4.4 Экологическая техноёмкость фитоценозов ландшафтных провинций .....	123
4.5 Эколого-географическая оценка региональных геосистем и прогноз их дальнейшего развития .....	131
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	139
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	141
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	157
Приложение А Список метеорологических станций Западной Сибири, использовавшихся в диссертационной работе.....	158
Приложение Б Схема расположения метеостанций .....	163
Приложение В Радиационные характеристики ( $\text{МДж/м}^2 \text{ год}$ ) по данным актинометрических станций Западной Сибири и сопредельной территории	164
Приложение Г Средняя годовая температура воздуха ( $t_{\text{год}}$ ), температура воздуха в июле ( $t_{\text{VII}}$ ), суммы температур воздуха больше $0^\circ\text{C}$ ( $\Sigma t_{>0}$ ), больше $10^\circ\text{C}$ ( $\Sigma t_{>10}$ ), в средний год).....	165
Приложение Д Ресурсы влаги ( $KX$ , мм), водные эквиваленты теплоэнергетических ресурсов климата и суммарного испарения ( $Z_k$ и $Z_m$ , мм), соотношение ресурсов влаги и тепла ( $\delta n = KX/Z_k$ ) и коэффициент увлажнения ( $K_n = KX/Z_m$ ) в средний год.....	168
Приложение Е Расчетные параметры уравнений связи ( $a$ , $n$ и $m$ ), суммарное испарение ( $Z$ , мм), валовое увлажнение ( $F$ , мм), суммарный ( $Y$ , мм), подземный ( $Y_2$ , мм) и поверхностный ( $Y_1$ , мм) сток в средний год .....	171
Приложение Ж Относительные величины элементов влагооборота в средний год: коэффициент испарения – $\psi$ , коэффициенты годового стока: суммарного – $\eta$ ,	

поверхностного – $\eta_1$ , подземного – $\eta_2$ , коэффициент питания подземных вод – $\gamma$ .....	174
Приложение И Удельная экологическая техноёмкость: приземных слоев атмосферы ( $t_1$ ), ресурсов поверхностных вод ( $t_2$ ) и фитомассы ( $t_3$ ), усл.т/км <sup>2</sup> в средний год .....	177
Приложение К Схема физико-географического районирования Сибири на уровне провинций (Винокуров Ю.И. и др.) .....	180
Приложение Л Годовые суммы атмосферных осадков (мм) ландшафтных провинций в средний год $KX_{\text{норма}}$ , во влажные $KX_{5\%}$ , $KX_{20\%}$ и в засушливые годы $KX_{80\%}$ , $KX_{95\%}$ .....	182
Приложение М Радиационные и теплоэнергетические характеристики провинций в средний год .....	184
Приложение Н Коэффициенты вариации и годовые суммы водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов климата ( $Z_k$ ) и максимально возможного суммарного испарения ( $Z_m$ ) ландшафтных провинций обеспеченностью 5, 20, 80 и 95% .....	186
Приложение О Коэффициенты увлажнения ландшафтных провинций в средний ( $K_{\text{н ср}}$ ) год и в годы 5, 20, 80 и 95% обеспеченности .....	190
Приложение П Избытки (+) и недостатки (-) увлажнения ландшафтных провинций в средний ( $\Delta H_{\text{ср}}$ ) год и в годы 5, 20, 80 и 95% обеспеченности, мм .....	192
Приложение Р Влажность деятельного слоя почвы ландшафтных провинций в долях наименьшей влагоемкости в средний ( $V_{\text{ср}}$ ) год и в годы 5, 20, 80 и 95% обеспеченности.....	194
Приложение С Расчетные параметры уравнений связи ( $a$ , $n$ и $m$ ), элементы влагооборота: общее увлажнение ( $KX$ , мм), суммарное испарение ( $Z$ , мм), валовое увлажнение ( $F$ , мм), суммарный ( $Y$ , мм), подземный ( $Y_2$ , мм) и поверхностный ( $Y_1$ , мм) сток в средний год .....	196



Приложение Т1 Удельная экологическая техноемкость приземных слоев атмосферы ландшафтных провинций, усл.т/км <sup>2</sup> год ( $t_1$ –в средний год, в годы обеспеченностью 75% - $t_{1\ 75\%}$ и 95% - $t_{1\ 95\%}$ ) .....	199
Приложение Т2 Удельная экологическая техноемкость ресурсов поверхностных вод ландшафтных провинций, усл.т/км <sup>2</sup> год ( $t_2$ –суммарного стока в средний год, поверхностного $t_2'$ и подземного $t_2''$ стока, суммарного стока в год 95% обеспеченности $t_{2\ 95\%}$ ) .....	201
Приложение Т3 Соотношение ресурсов влаги и тепла ( $KX/Z_k$ ), годовичная продукция фитоценозов ( $P_v$ ), запас фитомассы ( $B$ ), удельная экологическая техноемкость фитоценозов ( $t_3$ ), относительная влажность почв $W$ в долях наименьшей $W_{нв}$ ( $W/W_{нв}$ ) и полной $W_{пв}$ ( $W/W_{пв}$ ) влагоемкости .....	203
Приложение Ф Акты внедрения .....	206

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы** исследования. Научные работы, посвященные изучению регионов, относятся к числу актуальных направлений географических и геоэкологических исследований природной среды. С учётом перспектив хозяйственного развития северных территорий страны, геосистемы Западно-Сибирского Севера, одновременно сложные и уникальные, представляют научно-практический интерес.

Национальная стратегия устойчивого развития предусматривает сохранение биопродуктивной природной среды в природно-техногенных системах, формируемых в районах нового освоения. Чтобы последствия влияния хозяйственной деятельности не привели к необратимым изменениям жизнеобеспечивающих ресурсов региональных геосистем – приземного слоя воздуха, поверхностных вод суши, фитоценозов, необходима оценка современного состояния природоформирующих элементов региональных геосистем, то есть на уровне ландшафтных провинций.

Исследование региона с позиций единства физико-географических процессов, определяемых ресурсами тепла и влаги и их соотношения, показало пространственно-временную изменчивость условий увлажнения и теплообеспеченности территорий Западно-Сибирского Севера.

Эколого-географические условия формирования и функционирования геосистем региона дают представление о генетических особенностях природных комплексов, их состоянии и экологическом потенциале. Применение частных методик количественной оценки экологической емкости и экологической техноемкости компонентов геосистемы объективно требует дифференциации методических подходов в рамках ландшафтных провинций.

Согласно принципам сбалансированного природопользования, хозяйственная деятельность на определенной территории и техногенная нагрузка

на окружающую среду не должны превышать восстановительного потенциала в пределах геосистем, то есть экологической техноёмкости территории.

С учетом этого актуальность диссертационного исследования определяется необходимостью оценки состояния компонентов окружающей природной среды на уровне ландшафтных провинций и изучения эколого-географических условий их формирования и функционирования.

Данное обстоятельство необходимо учитывать при разработке мероприятий по рациональному использованию природно-ресурсного потенциала региона, геоэкологическому обоснованию регионального природопользования.

**Степень разработанности темы исследования.** В научных работах 50-80-х годов XX века, посвящённых Западной Сибири - Николаев, 1963; Сочава, 1964; Орлов, 1968; Петров, 1971; Трофимов, 1973; Богданов, 1977; Иванов, 1975; Гаджиев, 1976; Земцов, 1976; Гелета, 1978 и др., - публикуемые результаты исследований имели во многом экспериментальную основу, базировались на данных экспедиционных исследований и фиксировали зависимости между компонентами природного комплекса, полученные опытным путём.

Позднее результаты наблюдений стали многочисленными, появились возможности их анализировать, статистически обобщать и экспериментально обосновывать причинно-следственные связи, возникающие между всеми элементами геосистемы. Научные работы Мезенцева и Карнацевича, 1969; Белоненко и др., 1966; Никитина и Земцова, 1986; Антипова, 1987; Бачурина, 1975; Винокурова, 1988; Михайлова, 1989; Корытного, 1991 и др. стали научно-практической основой для систематизации и структурирования явлений взаимодействия природного и социального и поиска путей оптимального или рационального природопользования в регионе.

Ландшафтные исследования в связи с хозяйственным освоением Западно-Сибирского Севера активно велись в 60-70-е годы XX века. Наблюдения, эксперименты, описания, результаты измерений нашли отражение во многих научных работах того периода, и получили исследовательское и научно-практическое продолжение в трудах по географическому моделированию с

последующим критическим ситуационным анализом реальной хозяйственной деятельности, подготовленных учёными Институтов географии, водных и экологических проблем СО РАН, других научно-исследовательских учреждений и организаций. Работы Линевиц, 1980; Михеева, 1987; Кузьменко и Михеева, 2008; Винокурова, 1989; Винокурова и др., 2003; Солнцевой, 1998; Скалона, 1990; Мальгина и Пузанова, 1993; Бабушкина и др., 2007; Булатова и др., 2008; Карнацевича и др., 2007; Козина, 2007; Седых, 2005, 2011; и других ученых показали комплексность в методических подходах и их теоретический синтез в методологическую программу изучения различных аспектов Западной Сибири как сложной гео- и экосистемы.

Необходимо отметить, что в конкретных топологических условиях эколого-географические условия формирования и функционирования геосистем разных рангов не отличаются однородностью. Поэтому геоэкологическая оценка современного состояния геосистем и прогноз их дальнейшего развития возможны при наличии количественных показателей природного потенциала территорий более мелкого масштаба. В этом случае сохраняются как условия формирования общих закономерностей, так и проявляются особенности взаимодействия природного и социального на региональных уровнях.

Результативность такого методического подхода может быть доказана детализацией рассмотрения показателей, характеризующих природную основу региона. Эколого-географическая оценка в этом случае приобретает функции научного метода познания; в практическом отношении будет иметь целью обоснование объективной основы для нормирования природопользования в регионе.

**Целью диссертационной работы** является анализ эколого-географических условий формирования и функционирования геосистем Западно-Сибирского Севера.

В качестве **объекта исследования** принята территория Западно-Сибирского Севера, включающая 50 ландшафтных провинций (Ю.И.Винокуров, Ю.М.Цимбалей, Б.А.Красноярова, 2005, 2016).

**Предметом исследования** выступают закономерности формирования и функционирования природных элементов как основы эколого-географических характеристик геосистем и их устойчивости.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

- исследовать физико-географические условия формирования геосистем Западно-Сибирского Севера;
- выполнить научно-методическое обоснование оценки эколого-географических характеристик функционирования природных систем региона исследования – экологического потенциала и экологической техноёмкости;
- дать количественную оценку компонентов природной среды – увлажнения и теплообеспеченности, определяющих функционирование и развитие геосистем;
- определить эколого-географические параметры ландшафтных провинций и дать оценку их развитию.

**Область исследования диссертационной работы** соответствует пунктам:

- п.1.9 – «Оценка состояния, изменений и управления современными ландшафтами»;
- п.1.11 – в части «Геоэкологические аспекты функционирования природно-технических систем»;
- п.1.16 – «Геоэкологические аспекты устойчивого развития регионов» паспорта специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле).

**Исходной концепцией теоретического анализа** закономерностей формирования, территориального распределения и временной изменчивости режимов увлажнения и теплообеспеченности территорий исследуемого региона принята определяющая роль ресурсов тепла и влаги и их соотношение в формировании природных процессов в ландшафтной сфере.

Такое понимание движущих сил физико-географических процессов создаёт предпосылки для количественной оценки и анализа влияния зональных и азональных природных факторов на формирование и функционирование

ландшафтных провинций Западно-Сибирского Севера и их эколого-географических характеристик.

**Методологическая основа** диссертационного исследования **определила и набор научных методов**. Системный подход к объекту исследования способствовал исследованию закономерностей, принципов распределения и оценки эколого-географических характеристик функционирования природных систем Западной Сибири и их устойчивости. Совокупность сравнительно-географических, вероятностно-статистических методов, приемов формализации, картографирования и районирования использовалась применительно к обработке и систематизации статистической информации.

**Исходными данными** для диссертационного исследования служат общегеографические и тематические карты региона исследования, как опубликованные в соответствующих атласах, так и авторские картосхемы; многолетние данные о климате и ресурсах поверхностных вод, опубликованные в официальных источниках, собранные и обработанные автором; литературные источники по физико-географическому, ландшафтному, геоботаническому, почвенному, эколого-географическому районированию.

**Научная новизна** диссертационной работы состоит в том, что в результате проведенных исследований впервые:

- разработаны и адаптированы частные методики количественной оценки природно-климатических факторов, формирующих эколого-географические условия функционирования региональных геосистем – ландшафтных провинций;
- на единой методической основе выполнена количественная оценка экологических потенциалов и экологических техноемкостей компонентов природной среды региона исследования;
- исследованы закономерности пространственной и временной изменчивости параметров экологической техноемкости на уровне ландшафтных провинций региона исследования;
- составлена серия тематических картосхем, характеризующих пространственную дифференциацию эколого-географических условий

формирования и функционирования ландшафтных провинций Западно-Сибирского Севера.

**Теоретическое значение** диссертационного исследования состоит в развитии методического подхода к оценке единой природной основы для формирования эколого-географических условий функционирования и развития региональных геосистем.

**Практическое значение** диссертационной работы предусматривает возможность использования оценочных эколого-географических характеристик ландшафтных провинций Западно-Сибирского Севера при создании информационно-аналитической базы для научных и методических разработок; для целей рационального природопользования и природообустройства, эколого-географической экспертизы на ландшафтном уровне и последующего принятия управленческих решений.

Методические приемы количественной оценки элементов экологического потенциала территории, апробированные автором в регионе исследования, могут быть полезными при разработке экологических нормативов природопользования и для нормирования антропогенной нагрузки на компоненты окружающей природной среды.

Результаты исследований приняты к внедрению на предприятиях Отдела водных ресурсов Нижне-Обского БВУ, ООО «ОмНИОГиМ», материалы диссертационной работы используются в учебном процессе и в научно-исследовательской работе факультета «Агрохимии, почвоведения, экологии, природообустройства и водопользования» ФГБОУ ВО Омский ГАУ, востребованы кафедрой «Гидравлики, водоснабжения, водных ресурсов и экологии» Сибирского государственного университета путей сообщения для подготовки учебных занятий экологической тематики.

**Достоверность полученных результатов** подтверждается корректным использованием автором справочных, нормативных и методических материалов, опубликованных в официальных изданиях. В экспериментальных расчётах, выполненных автором, использованы фактические материалы Западно-

Сибирского межрегионального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; средние, многолетние и ежегодные данные о климате и ресурсах поверхностных вод Западной Сибири, опубликованные в справочниках по климату и в изданиях государственного водного кадастра СССР и России.

**Апробация результатов.** Основные результаты диссертационного исследования представлялись на региональных и всероссийских научных и научно-практических конференциях, в том числе с международным участием – «Актуальные вопросы современного водохозяйственного комплекса» (Омск, 2009), IX научно-технической конференции «Наука и молодежь XXI века» (Новосибирск, 2010), XIV Международной научно-практической конференции «Экономика природопользования и природоохраны» (Пенза, 2011), Международной научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в инновационном развитии АПК» (Москва, 2012), Международной научно-практической конференции «Инновационные факторы развития Транссиба на современном этапе» (Новосибирск, 2012), Всероссийской научной конференции с международным участием «Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии» (Барнаул, 2012), II Международном научно-техническом форуме «Реализация государственной программы развития сельского хозяйства: инновации, проблемы, перспективы» (Омск, 2013), III Всероссийской научной конференции с международным участием «Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии» (Барнаул, 2017), Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы географии» (Астана, 2017). Результаты исследований обсуждались в период 2009-2017 гг., на заседаниях профильных кафедр ОмГАУ и СГУПС.

**Научные публикации.** По теме диссертационного исследования автором опубликовано 15 работ, в том числе 7 работ в специализированных изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, определенных ВАК Минобрнауки РФ.

**Структура работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложений. Основное содержание диссертации



изложено на 156 страницах, включает 11 таблиц, 74 рисунка, иллюстрирующих содержание работы. Список литературы включает 186 наименований, в том числе 12 на иностранном языке.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Природно-климатические факторы и их параметры определяют особенности формирования региональных геосистем и находят отражение в количественных показателях эколого-географических условий функционирования и закономерностях их изменения.

2. Эколого-географические характеристики ландшафтных провинций определяются величинами экологического потенциала, его удельных значений и экологической техноёмкости территории.

3. Современная организация региональных геосистем есть следствие комплекса природных характеристик, закономерности изменения которых обуславливают их функционирование и устойчивость; формируют представление о пространственно-временной динамике эколого-географических параметров и показателей ландшафтных провинций.

4. Географический анализ и картографическая интерпретация показателей экологической техноёмкости основных элементов природной среды служат практической основой эколого-географической оценки ландшафтных провинций и прогноза их дальнейшего развития.

## **1 ГЕОСИСТЕМЫ – ИСХОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

### **1.1 Особенности организации ландшафтных геосистем Западно-Сибирского Севера**

Согласно устоявшемуся научному представлению [7, 102, 145, 150], геосистема – это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов географической оболочки, существующих как целостное образование. Являясь сама по себе комплексом, геосистема представляет собой структуру, отвечающую признакам организованности и структурной иерархичности. Первоначально присущий и характеризующий природную среду [55], термин «геосистема» приобрёл и социально-экономические черты, став инструментом исследования не только классического ландшафта, но и эколого-географического системного анализа экономического развития общества. В этом качестве «геосистема» представляет собой совокупность взаимопроникающих элементов природы и человеческой деятельности, пространственные и временные изменения и соотношения которых позволяют геосистеме, как образованию, динамично развиваться, видоизменяться и совершенствоваться.

Такая последовательность становится понятной и уместной, если принять во внимание общие положения теории систем: «Система – это целостный комплекс взаимосвязанных элементов..., образует особое единство со средой..., представляет собой элемент системы более высокого..., либо низкого ранга...» [136]. Отмеченным особенностям отвечают ландшафтные геосистемы различных рангов, расположенные в пределах исследуемого региона Западной Сибири. Все эти образования, с одной стороны, имеют природную компоненту, характеризуют которую микрорельеф, воды суши, воздушный бассейн, почвенный покров, биосфера в масштабе, соответствующем границам изучаемого объекта, с другой – социально-экономическую компоненту, особенность которой характеризуется

производственной деятельностью населения, проживающего в пределах объекта исследования - Западно-Сибирского Севера.

Основные процессы, происходящие в ландшафтной сфере, связаны с обменом вещества и энергии, как между элементами системы, так и с окружающей средой. В этом суть внутреннего единства исследуемой геосистемы и её потенциальных возможностей. Энергетический потенциал окружающей среды определяется солнечной энергией, поступающей через атмосферу.

Другой элемент – гидросфера – и все его характеристики (объём, солёность) также формируют энергетическую составляющую и влияют на последующий влаго- и теплообмен (веществом и энергией), и интеграцию с атмосферой, почвенной сферой и биосферой в пределах ландшафтной сферы исследуемого объекта. Роль атмосферы состоит в том, что, преобразуя энергию, приходящую из мирового пространства и оберегая живое вещество биосферы от ультрафиолетовой радиации, атмосфера химически, физически и механически влияет на процессы, происходящие в почвенной сфере. В этом проявляется не только зависимость этих процессов, например, от тепла и влаги, но и обусловленность состояния следующей «генерирующей» инстанции – биосферы – и её способность к переработке, либо аккумуляции потока солнечной энергии.

Формы, объекты и типы связей, создаваемые обществом в границах геосистем различных уровней или социально-экономическая компонента, складываются в зависимости от необходимости и потребности человека обеспечить своё существование. Исходя из этого тезиса, геосистема, включающая помимо природных элементов хозяйственные объекты и соответствующие группы населения, элементы вещества и энергии, как присущие ей, так и сформированные в процессе природопользования, использует или «тратит» для дальнейшего развития общества. Оптимальность этой «затратности» должна находиться в рамках законов общественного развития. Другими словами, общество способно регулировать функционирование социально-экономической компоненты геосистемы и сохранять её материальную и энергетическую

составляющие на уровне, дающем возможности оптимально удовлетворять потребности общества и обеспечивать стабильность геосистемы в целом.

Если жизненные циклы природных элементов геосистем подчинены ритмике планетарных процессов, связанных с обращением Земли, круговоротом воды в природе, сезонностью изменений в биосфере и т.д., и обмен веществом и энергией также закономерен и, в значительной степени, ритмичен, то социально-экономические элементы геосистем в своём развитии испытывают влияние техногенных и антропогенных факторов, результативность проявления которых, скорее всего, соответствует «динамике» или изменению как их хозяйственных или технических, так и демографических характеристик. Во всяком случае, обмен веществом и энергией в социально-экономической составляющей геосистемы варьирует. Повторяемость этих процессов придаёт геосистеме, как ландшафтному социально-экономическому образованию, специфические черты, например, хозяйственную специализацию, большую или меньшую административную значимость, но не отменяет целостность геосистемы и её пространственно-временную организацию. Геосистема – это всегда упорядоченное географическое образование, а взаимодействие элементов, её составляющих, между собой и с окружающей средой есть условие генетического и функционального развития этого образования.

Основу целостности геосистемы как ландшафтного образования составляют её природная и социально-экономическая компоненты. Элементы, составляющие эти структуры и отвечающие за ритм и динамику процессов обмена веществом и энергией в самой геосистеме и геосистемы в окружающей среде в целом, характеризуются изменчивостью. Скорости этих процессов зависят от фактора времени и имеют как суточные (процессы в биосфере, атмосфере, гидросфере, социальной сфере), так и вековые вариации (процессы в литосфере и географической оболочке в целом).

Поскольку геосистемы – это ландшафтные образования, то их существующая территориальная дифференциация есть следствие проявления законов широтной зональности и высотной поясности, в том числе и на

региональном уровне [51]. Геосистемы регионального порядка имеют размер (площадь), характеризуются определённым типом радиационного баланса и господствующей циркуляцией воздушных масс. Эти параметры определяют природный тип ландшафта и формируют его облик.

Таковы общие закономерности ландшафтной дифференциации, связанные с законами широтной зональности.

Таким образом, геосистема как целостное ландшафтное образование биотических, абиотических и антропогенных субсистем, представляет собой внутренне взаимосвязанную и пространственно организованную структуру, обладающую определённым энергетическим балансом, способную к развитию и временным изменениям.

Как природная, так и социальная компоненты ландшафтного образования развиваются. Судить об этом развитии применительно к исследованию геосистемы можно с учётом фактора времени. Наиболее распространённым показателем такого учёта является так называемый «определённый временной интервал» или год [55]. Эта временная размерность является общей для исследований явлений и в природной, и в социально-экономической составляющих. В частности, в природной компоненте – это годовые интервалы между «кольцами» в дендрохронологии, годовые величины радиационного баланса и т.п. В социальной компоненте также многие показатели имеют годовую учётность (иногда и повторяемость). Например, в рамках года как учётного интервала, оценивается естественный прирост, механическое движение населения, производство регионального продукта, объёмы перевозок, размеры грузо- и пассажирооборота на транспорте. Но если в геосистеме, в её природной составляющей, изменения состояния могут характеризоваться возвратом к идентичному состоянию (циклическостью), то в социально-экономической (или антропогенной субсистеме) развитие, скорее, будет ритмичным, чем циклическим. Во всяком случае, возврат к идентичному состоянию «напрямую» не будет свидетельствовать о развитии, как движении вперед.

Геосистема в целом является саморегулируемым ландшафтным образованием. Компоненты ландшафта функционируют циклично. Такая регуляция способствует сбалансированному, то есть устойчивому развитию геосистемы. Но продолжительные изменения в приходе вещества и энергии в подсистемы обуславливают переход системы в целом в неравновесное состояние. Это может выражаться в смене, например, форм микрорельефа и даже растительного сообщества. Необратимость или обратимость этого процесса зависит от местоположения исследуемого участка геосистемы, продолжительностью и силой этой внешней причины (например, ливневых дождей). Вместе с тем, в действительности, геосистема стремится к состоянию динамического равновесия, и оно наступает, поскольку со временем на этом участке создаётся новый ландшафт, формируются почвы, создаются растительные типы, появляются другие живые организмы.

Таким образом, геосистемы или ландшафтные образования любых территориальных форм – есть результат взаимодействия как природных, так и социально-экономических процессов. Из числа природных процессов определяющее влияние в формировании и организации этих образований принадлежит геоморфологическим, климатическим, почвенно-растительным процессам. В социально-экономических – это демографические, техно- и агропроизводственные процессы. От сочетания названных процессов и особенностей их проявления в конкретных ландшафтных образованиях зависит и организация последних, а, следовательно, способность их последующего пространственно-временного развития.

## **1.2 Физико-географические условия формирования геосистем Западно-Сибирского Севера**

Геосистемы Западно-Сибирского Севера, как природные образования, представляют собой ландшафты, географически расположенные на преимущественно равнинных территориях Западной Сибири в границах от 56<sup>0</sup> с.ш. до 73<sup>0</sup> с.ш. Протяжённость региона с севера на юг составляет около 1,5 тыс. км, а с запада на восток (от Урала до Енисея) примерно 1,6 тыс. км.

В ряду основных природных компонентов экосистемы – естественных условий – принято выделять рельеф, климат, воды, почвенный и растительный покров территории. Эти компоненты природной среды отличаются сравнительным постоянством с точки зрения географического положения территории и времени их сформированности и, кроме того, являются совокупностью зональных и аazonальных факторов, формирующих современный облик и экологическую устойчивость геосистем региона.

### **1.2.1 Рельеф**

Современный облик рельефа Западной Сибири сложился на рубеже палеогена и неогена, т.е. 23-25 миллионов лет назад.

Общий характер поверхности региона – плоская, открытая равнина, слабо наклонённая к северу, с несколько приподнятыми краями на западе (Зауралье) и вдоль Енисея – на востоке. Абсолютная высота местности колеблется от 50 до 150 м, почти половина площади Западной Сибири имеет гипсометрические уровни ниже 100 м над уровнем моря.

Комплексными физико-географическими исследованиями [37] убедительно показано, что современная территория Западной Сибири не может рассматриваться в качестве однообразной низменности. Авторы отмечают, что «...богатая и достаточно сложная, несмотря на относительно ограниченный размах абсолютных отметок дневной поверхности орография равнины и, как

следствие, ландшафтной структуры территории являются следствием сочетания мозаичной структуры фундамента и новейшей блоковой тектонической подвижности. Современная направленность и интенсивность движений тектонических блоков...задает соответствующие тенденции (соотношение денудации, аккумуляции, процессов выветривания и т.д.) в развитии экзогенных процессов, формирующих эктоярус ландшафтов» [37].

В целом поверхность Западно-Сибирской равнины имеет форму обширного амфитеатра, открытого на север.

Основываясь на результатах ранее выполненных исследований, авторы цитируемой работы [37], систему главных орографических элементов, соответствующих макроморфоструктурам III порядка и участвующих в формировании региональной ландшафтной структуры на уровне провинций, принимают в следующем виде (рис.1.1).

Можно заметить, что в общей системе геоморфологических областей возвышенности и плато имеют как отчетливо выраженное меридиональное, так и широтное простираие. К числу первых относятся Северо-Сосьвинская (12), Полуйская (21), Ненецкая (23), Таз-Пурская (25), Среднетазовская (27), Щучинская (31) возвышенности, а также Юрибейская (33) и Гыданская (34) гряды. К числу геоморфологических областей широтного простираия можно отнести Белогорский материк (13), Аганский Увал (15), Верхнетазовскую возвышенность (17), Нулетовскую равнину (Увал Нумто) (19), а также Тобольский материк (5). Возвышенности и плато Западной Сибири - наиболее приподнятые участки земной поверхности региона с абсолютными отметками от 151 до 244 м и со специфическими условиями формирования поверхностного стока, экологического потенциала и устойчивости ресурсов поверхностных вод.

Значительная по площади часть низменностей региона расположена в Среднем Приобье - Кондинская (4), Обь-Тымская (10), Юганская (11), Сургутская низина (14), Вахская (16); остальные приурочены к имеющим наименьшие высотные отметки бассейнам рек, впадающих в Карское море. Истоки большинства этих рек принадлежат северным склонам Сибирских Увалов.



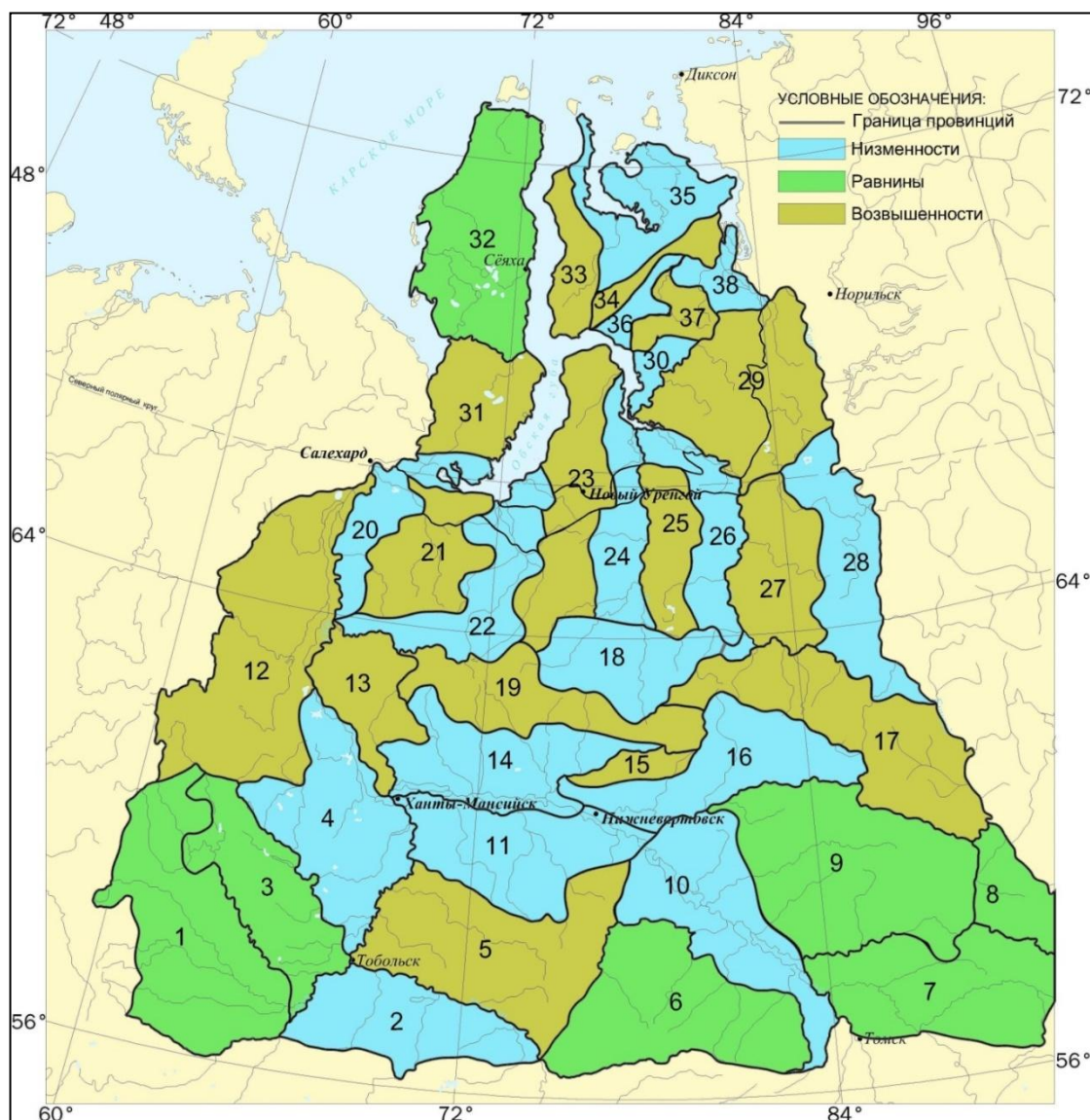


Рисунок 1.1 - Схема районирования Западно-Сибирской геоморфологической страны [37] (номера геоморфологических областей приняты нами).

Низменности – Среднеиртышская (2), Кондинская (4), Обь-Тымская (10), Юганская (11), Сургутская низина (14), Вахская (16), Пякупор-Толькинская (18), Надымская (22), Нижнеобская (20), Пурская (24), Тазовская (26), Туруханская (28), Мессояхская (30), Северо-Гыданская (35), Верхнетанамская (36), Усть-Енисейская (38).

Равнины - Туринская (1), Тавдинско-Кондинская (3), Васюганская (6), Чулымская (7), Енисейская (8), Кетско-Тымская (9), Северо-Ямальская (32).

Возвышенности и плато - Тобольский материк (5), Северо-Сосьвинская (12), Белогорский материк (13), Аганский Увал (15), Верхнетазовская возвышенность (17), Нулетовская равнина (Увал Нумто) (19), Полуйская

возвышенность (21), Ненецкая возвышенность (23), Таз-Пурская (25), Среднетазовская (27), Хеттская (29), Щучинская (31), Юрибейская гряда (33), Гыданская гряда (34), Танамская (37).

Равнины региона располагаются в юго-западной, центральной южной и юго-восточной частях исследуемой территории.

Внешний облик всех отмеченных орографических элементов сложился не только под воздействием тектонических (эндогенных) процессов. Влияние на его формирование оказали экзогенные процессы – ледниковой экзарации и аккумуляции. Для ледниковых и водно-ледниковых равнин Западно-Сибирского Севера типичным является наличие продуктов разрушения – валунов, гравия, гальки и другой морены. Следствие постледниковых процессов в формировании рельефа – распространение вечномерзлотных форм – многолетних бугров пучения, термокарста и других морфологических образований (солифлюкция), связанных с мерзлотными условиями.

На основе анализа расположения многолетнемерзлых пород [34] уточнено положение южной границы современного распространения многолетнемерзлых толщ в Западной Сибири. На западе региона она проходит вблизи  $60^{\circ}$  с.ш. (близ линии от посёлка Полуночное до посёлка Октябрьское). В центре граница многолетнемерзлых толщ располагается южнее широтного течения Оби - близ линии от г. Пыть-Ях до посёлка Новый Васюган. На востоке она смещается к  $57^{\circ}$  с.ш. (близ поселков Белый Яр, Ягодное, Асино).

Южнее  $65^{\circ}$  с. ш. влияние ледника и вечной мерзлоты на равнинный облик рельефа исследуемого региона значительно уменьшается. Междуречные пространства становятся холмистыми и более пересечёнными, в формировании этих участков равнины большое значение имел аллювий. Именно эти отложения слагают поймы и террасы нижнего и среднего течения р. Оби, нижнего течения р. Иртыш и их многочисленных притоков. Пологие склоны невысоких возвышенностей, сложенные аллювиальными песками и суглинками, слабо дренированы, а рельеф имеет почти идеально равнинную форму.

Южнее  $62^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  с. ш. рельеф местности приобретает вид платообразной возвышенности. Ближе к востоку имеются поднятия, в которых мощность рыхлых отложений — лёссовидных суглинков, аллювиальных песков и глин — сравнительно невелика, поднятия образованы твёрдыми породами мезозоя и палеозоя. Долины рек Чулыма, Кии глубоко врезаются в плато, и высота междуречий составляет 150-200 м.

В низовьях рек Тобола и Ишима и южнее широтного отрезка долины р. Иртыш, рельеф местности представляет собой плоскую, слаборасчленённую равнину, сложенную озёрно-аллювиальными и речными отложениями.

Таким образом, основные элементы рельефа исследуемого региона представляют собой чередование (как с севера на юг, так и с запада на восток) широких и плоских низменностей, возвышенностей и плато, переходящих в юго-западной, центральной и юго-восточной частях региона в обширные равнины.

Во многих местах уклоны поверхности весьма незначительны, что затрудняет сток выпадающих атмосферных осадков и способствует развитию процессов болотообразования.

### **1.2.2 Климат**

В ряду внешних факторов функционирования и эволюции любой геосистемы (или факторов среды обитания), важными являются ресурсы тепла и влаги. Соотношение ресурсов тепла и влаги определяет увлажнение земной поверхности, а также характер и интенсивность физико-географического процесса в ландшафтной сфере, и кроме того, является наиболее значимым природным фактором, определяющим как продуктивность, так и устойчивость экосистем [21, 51, 52, 53].

Количественная оценка ресурсов тепла и влаги изучаемой территории выполнена на основе данных, опубликованных в Справочниках по климату (СПК), Научно-прикладных справочниках (НПС) по климату (выпуски 9, 17, 18, 20 и 21, части I – IV), а также на сайтах: <http://meteo.ru/data/>; <http://thermograph.ru>.

Радиационный режим и ресурсы тепла. Анализ и обобщение материалов наблюдений на актинометрических станциях, расположенных между  $43^{\circ} \dots 78^{\circ}$  с. ш. и  $73^{\circ} \dots 88^{\circ}$  в. д., (Приложение В) позволили раскрыть особенности формирования и территориального распределения суммарной ( $Q$ ) и поглощенной ( $Вк$ ) солнечной радиации, альбедо ( $A$ ), радиационного баланса ( $R$ ) и эффективного излучения ( $Еэф$ ).

Величина и территориальное распределение годовых сумм  $Q$ ,  $Вк$ ,  $R$  и  $Еэф$  определяются географической широтой местности (рис. 1.2).

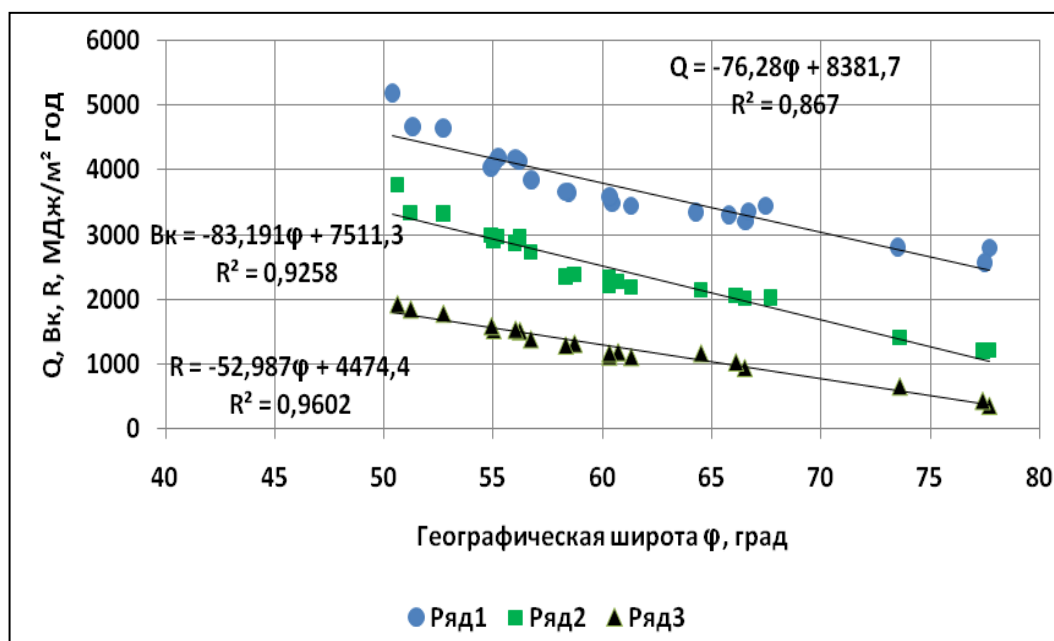


Рисунок 1.2 - Зависимость суммарной  $Q$  (ряд 1), поглощенной  $Вк$  (ряд 2) радиации и радиационного баланса  $R$  (ряд 3) от географической широты

При этом годовые суммы  $Q$ ,  $Вк$  и  $R$  при средних (за период наблюдений) условиях облачности уменьшаются с юга на север, от  $56^{\circ}$  с.ш. до  $72^{\circ}$  с. ш., соответственно от 4100 до 2900 (для  $Q$ ); от 2850 до 1520 (для  $Вк$ ); и от 1480 до 550 МДж/м<sup>2</sup> год (для  $R$ ). Кроме того, годовые суммы  $Q$ ,  $Вк$  и  $R$  хорошо коррелируются со стандартными метеорологическими величинами (рис. 1.3).

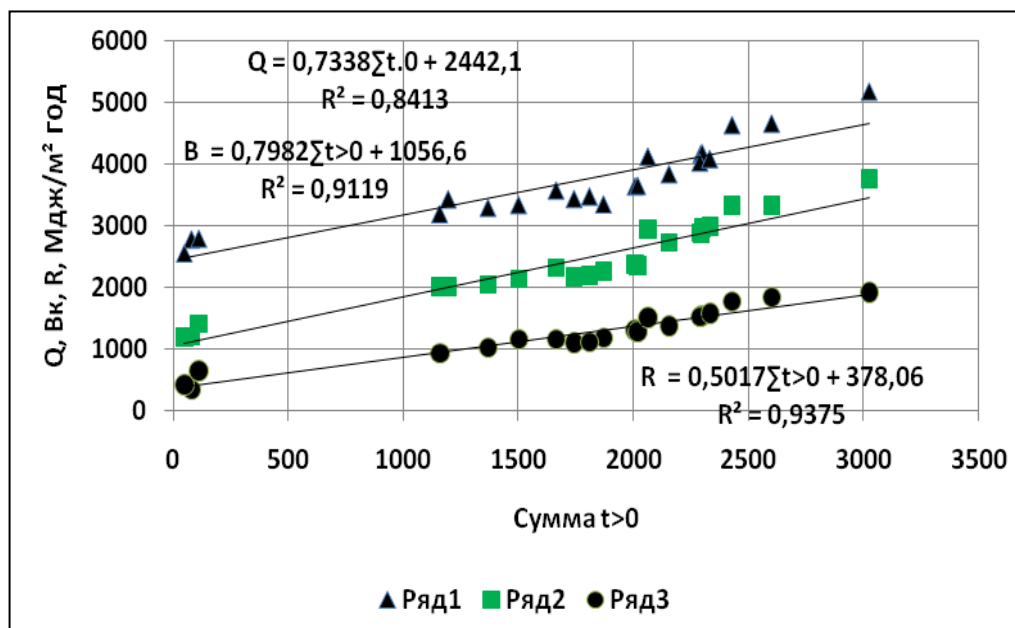


Рисунок 1.3 - Графики связи Q (ряд 1), Вк (ряд 2) и R (ряд 3) с суммой температуры воздуха выше нуля

Изучение радиационного режима за годовой и внутригодовые периоды среднего года проводилось нами с позиции поиска как межзональных, так и внутризональных (на уровне ландшафтных провинций) особенностей формирования радиационного компонента, определяющего функционирование естественных геосистем. Особенности формирования теплоэнергетических ресурсов всех природных процессов, протекающих в ландшафтной сфере, можно обнаружить при анализе численных значений и территориального распределения годовых сумм поглощенной радиации (Вк):

$$Вк = 7504,6 - 82,01\varphi - 2,22A, \quad (1.1)$$

где  $\varphi$  и  $A$  – соответственно географическая широта (град) и альбедо земной поверхности (в %).

Сводный коэффициент корреляции уравнения (1.1) равен 0,97, а значения вкладов аргументов свидетельствуют об определяющем влиянии на величину поглощенной радиации географической широты.

Зависимость (1.1) может оказаться исключительно полезной при оценке Вк территорий, представляющих собой совокупность различных по величине альбедо участков деятельной земной поверхности.

Годовые суммы Вк уменьшаются с юга на север не только в результате аналогичного уменьшения суммарной радиации, но также и в связи с линейным возрастанием годовых значений альbedo, от 30,3 (56° с. ш.) до 46,7% (72° с. ш.). Последнее связано, скорее всего, с более продолжительным периодом с устойчивым снежным покровом, достигающим в высоких широтах 260 дней в году и альbedo, имеющим наибольшие значения в году.

Установлено, что при одинаковой высоте Солнца (h) альbedo снежного покрова на фазе возрастания высоты Солнца, как правило, на 20 - 40% выше, чем в начале периода со снежным покровом, что косвенно свидетельствует о неодинаковой структуре и свойствах снежного покрова на разных стадиях его формирования. Величина поглощенной радиации за период с устойчивым снежным покровом изменяется в регионе от 490 до 530 МДж/м<sup>2</sup> и составляет от 16 до 28 % годовой суммы.

Выполненные расчеты и анализ показали, что внутригодовой ход альbedo на всех широтах региона закономерно связан с аналогичным ходом высоты Солнца над горизонтом (табл. 1.1).

Таблица 1.1 - Годовой ход высоты Солнца (h, град) и альbedo (А, %) на разных широтах

Параметр	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Салехард (66,5° с. ш.)												
h	22,2	99,9	220,7	332,9	442,3	446,8	445,0	337,3	225,7	113,9	44,4	20,2
A	882	883	880	770	336	118	220	221	224	559	779	880
Сытомино (61,3° с. ш.)												
h	77,4	115,1	225,9	338,1	447,5	552,0	550,2	442,5	330,9	119,1	99,6	55,4
A	884	882	881	663	225	221	220	220	221	551	777	882
Омск (54,9° с. ш.)												
h	113,8	221,5	332,3	444,5	553,9	558,4	556,6	448,9	337,3	225,5	116,0	111,8
A	776	772	663	222	115	116	116	117	118	228	558	775

Величина и территориальное распределение суммарной радиации (Q) в летний период (июнь–август) во всех природных зонах региона определяется соответствующими изменениями в пространстве и во времени высоты Солнца.

Зависимость месячных сумм  $Q$  от высоты Солнца достоверно аппроксимируется полиномом:

$$Q = ah^2 - bh + c, \text{ МДж/м}^2, \quad (1.2)$$

где  $h$  – высота Солнца над горизонтом (град.), зависящая от широты местности и времени года. Значения коэффициентов уравнения (1.2) приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Значения коэффициентов полинома (1.2) в летние месяцы  
среднего года

Месяц	Коэффициенты полинома			$R^2$
	a	b	c	
Июнь	0,707	66,161	2118	0,880
Июль	0,903	86,884	2674	0,824
Август	0,814	58,925	1445	0,965
Сентябрь	0822	39,445	661	0,981

Высокая достоверность связей  $Q(h)$  свидетельствует о том, что приток прямой и рассеянной солнечной радиации к земной поверхности, изначально формирующий энергетическую базу всех природных процессов, протекающих в ландшафтной сфере, определяется факторами, малозависящими или независимыми от свойств и особенностей строения природных ландшафтов.

В числе стандартных характеристик радиационного режима, численно отражающих общие и особенные условия формирования ресурсов тепла земной поверхности, является ее отражательная способность, т.е. альбедо. Выполненный анализ показал, что во все месяцы теплого (май – октябрь) периода года средние за месяц значения альбедо линейно возрастают с юга на север (от  $50,6^\circ$  до  $77,4^\circ$  с. ш.). Исключением является изменение альбедо с широтой места в июне месяце, когда линейное возрастание альбедо достоверно лишь в диапазоне  $54-61^\circ$  с. ш. (лесостепь - средняя тайга) и близко к 17% в северной тайге.

Количественная оценка различий в альбедо, а следовательно, в поглощенной радиации метеорологической площадки и естественных подстилающих поверхностей на больших территориях, представляет самостоятельный научный и практический интерес, в том числе для оценки тепло-

и влагооборота участка суши и речных бассейнов, определения эколого-географических характеристик экосистем и т. п.

С учетом рекомендаций по расчету поправок для перехода от баланса (поглощенной радиации) поверхности метеорологической площадки к поглощенной радиации естественной подстилающей поверхности, приводимых в работе [108], был выполнен расчет месячных сумм  $V_k$  за апрель-октябрь для всех актинометрических станций, расположенных в разных природных зонах Западной Сибири. Оказалось, что отклонения значений  $V_k$  для природных зон и измеренные на метеоплощадках, как за год в целом, так и за период апрель-октябрь, для всех физико-географических зон региона не превышают 1,0-2,0 %, что свидетельствует о допустимости и корректности распространения результатов обобщения данных актинометрических наблюдений на метеоплощадках на соответствующие природные зоны исследуемой территории.

Обобщение материалов актинометрических наблюдений сделало возможным определение годовых сумм радиационных характеристик ландшафтных провинций региона (Приложение А). Фрагмент этих расчетов для зональных областей в терминологии работы [37], а также для подзон таежной зоны по работам [98, 162] Западной Сибири отражает зональные закономерности и особенности формирования энергетической базы функционирования основных климаксовых экосистем исследуемой территории. Результаты расчётов приведены в таблице 1.3.

Полученные результаты оценки радиационных характеристик для естественных экосистем региона подтверждают возможность применения разработанных расчетных методик также и для оценки аналогичных характеристик техногенных (нарушенных) ландшафтов, характерных для районов интенсивного освоения природных ресурсов изучаемого региона.

Данные Научно-прикладного справочника (НПС) позволяют сделать вывод о том, что временная изменчивость годовых сумм суммарной радиации  $Q$  и радиационного баланса  $R$  относительно невелика (средние значения



коэффициентов вариации составляют соответственно 0,040 и 0,077), и имеет тенденцию к возрастанию с юга на север.

Таблица 1.3 - Радиационные характеристики природных зон  
и подзон Западно-Сибирской равнины

Природная зона, подзона	Суммарная радиация $Q$ , МДж/м <sup>2</sup> год	Альбедо (год), %	Поглощенная радиация $В_k$ , МДж/м <sup>2</sup> год
1	2	3	4
Зональная область			
Тундра	3309 - 2813	41 - 48	1947 - 1468
Лесотундра	3385 - 3050	40 - 45	2027 - 1689
Тайга	4110 - 3347	30 - 41	2861 - 1987
Подзоны таежной зоны:			
Южной тайги	4072 - 3782	31 - 35	2814 - 2628
Средней тайги	4072 - 3698	31 - 36	2814 - 2370
Северной тайги	3744 - 3309	36 - 42	2405 - 1877

Поглощенная радиация в сумме с положительным турбулентным теплообменом, как известно, численно определяют величину теплоэнергетических ресурсов климата участка суши -  $LZ_k$  (МДж/м<sup>2</sup>) и их водный эквивалент –  $Z_k$  (мм), где  $L$  - скрытая теплота испарения [22].

Атмосферные осадки. Основной характеристикой ресурсов влаги земной поверхности за любой интервал времени являются суммы атмосферных осадков, измеряемых на сети метеорологических станций и постов. Средние многолетние выводы результатов этих измерений и обобщений приводятся в Справочниках по климату (СПК), Научно-прикладных справочниках по климату (НПС) - часть IV, выпусков 9, 17, 18 и 20.

Заметим, что в Справочниках по климату [151] – таблица 1 и таблица 1а - приводятся средние многолетние значения атмосферных осадков за 1891-1963 гг. (1964), приведенные к показаниям осадкомера Третьякова и суммы осадков с поправками на смачивание осадкомерного ведра и ветровой недоучет. Введением названных поправок в измеренные суммы осадков была предпринята попытка приблизить измеренное количество к истинному количеству выпадающих

вертикальных осадков. Таким образом, помещенные в таблице 1 справочников средние многолетние суммы осадков, приведенные к показаниям осадкомера, т. е. инструментальные нормы (наблюденных) осадков, следует считать основной характеристикой количества осадков.

Данные таблицы 1а справочников [151] могут быть использованы, в частности, для водно-балансовых расчетов, в которых требуется увязка количества осадков со стоком и испарением, а также при картографировании величин средних количеств осадков. В настоящее время вопрос об определении полного количества выпадающих осадков с достаточной точностью решён не для всех районов. Для полярных и некоторых горных и прибрежных районов этот вопрос подлежит уточнению, особенно для твердых осадков, выпадающих при больших скоростях ветра.

Приводимые в НПС суммы атмосферных осадков представляют собой их средние значения за 1891–1980 гг., с поправкой на смачивание осадкомерного ведра. И, таким образом, содержат ошибки систематического занижения количества твердых осадков в основном в зимний период.

Подтверждением этому являются результаты выполненных нами сопоставлений сумм атмосферных осадков за год и ноябрь-март, приведённые на рисунках 1.4 и 1.5.

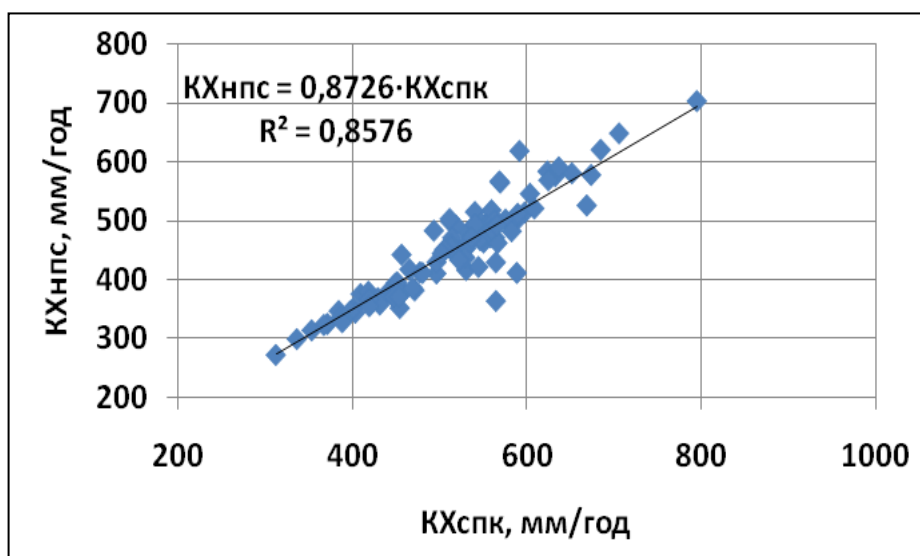


Рисунок 1.4 - Сравнение сумм атмосферных осадков, приводимых в СПК (КХ спк) и в НПС (КХ нпс), мм/год

Дополнительно выполненное сравнение сумм атмосферных осадков за ноябрь-март, приводимых в НПС, со средними значениями влагозапасов в снеге на конец марта, показало превышение последних над суммами КХ нпс за ноябрь-март в среднем на 35,5%. Кроме того, установлено, что годовые суммы КХ по НПС (1891 – 1980 гг.) практически ( $\pm 0,3\%$ ) равны средним значениям за 1961-1990 гг.

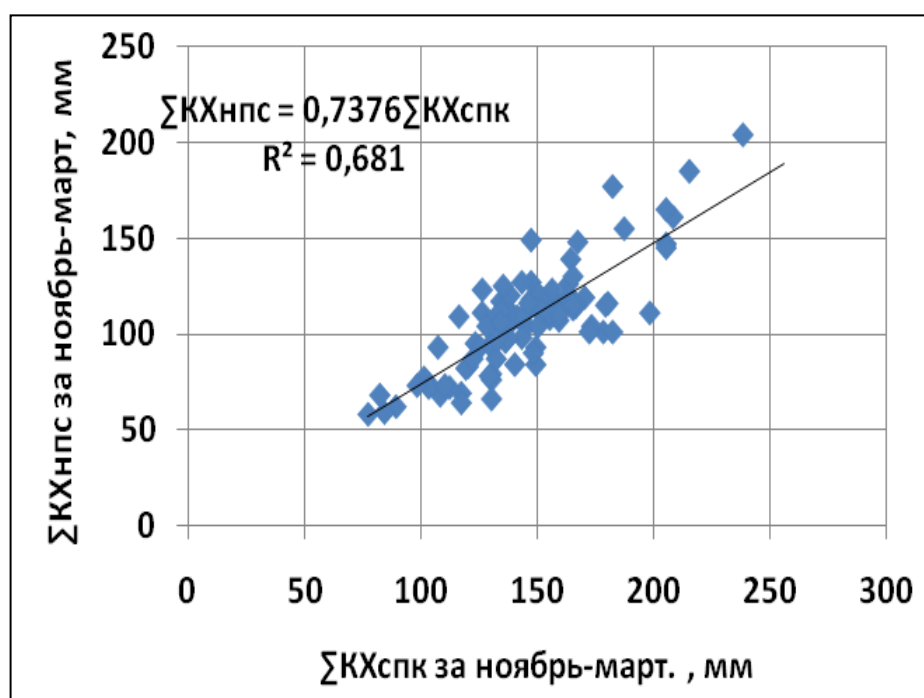


Рисунок 1.5 - Сравнение сумм атмосферных осадков, приводимых в СПК (КХ спк) и в НПС (КХ нпс) за ноябрь-март, мм

Дополнительно выполненное сравнение сумм атмосферных осадков за ноябрь-март, приводимых в НПС, со средними значениями влагозапасов в снеге на конец марта, показало превышение последних над суммами КХ нпс за ноябрь-март в среднем на 35,5%. Кроме того, установлено, что годовые суммы КХ по НПС (1891 – 1980 гг.) практически ( $\pm 0,3\%$ ) равны средним значениям за 1961-1990 гг.

С учетом этого в настоящей работе для оценки ресурсов влаги деятельной земной поверхности (физико-географическая зона, природная зона, подзона,

речной бассейн, ландшафтная провинция и т.д.) использовались измеренные за год и месячные интервалы суммы атмосферных осадков ( $KX_{\text{СПК}}$ ), откорректированные на их ветровой недоучет осадкомерными приборами (осадкомерами Третьякова) и приводимыми в справочниках по климату (СПК).

В изменении годовых сумм атмосферных осадков на исследуемой территории с юга на север  $\varphi = 52-68^\circ$  с. ш., как по данным СПК, так и по данным НПС отчетливо прослеживается тенденция возрастания количества осадков до широты, совпадающей с водораздельной линией Сибирских Увалов, к северу от которых годовые суммы осадков уменьшаются, как показано на рисунке 1.6

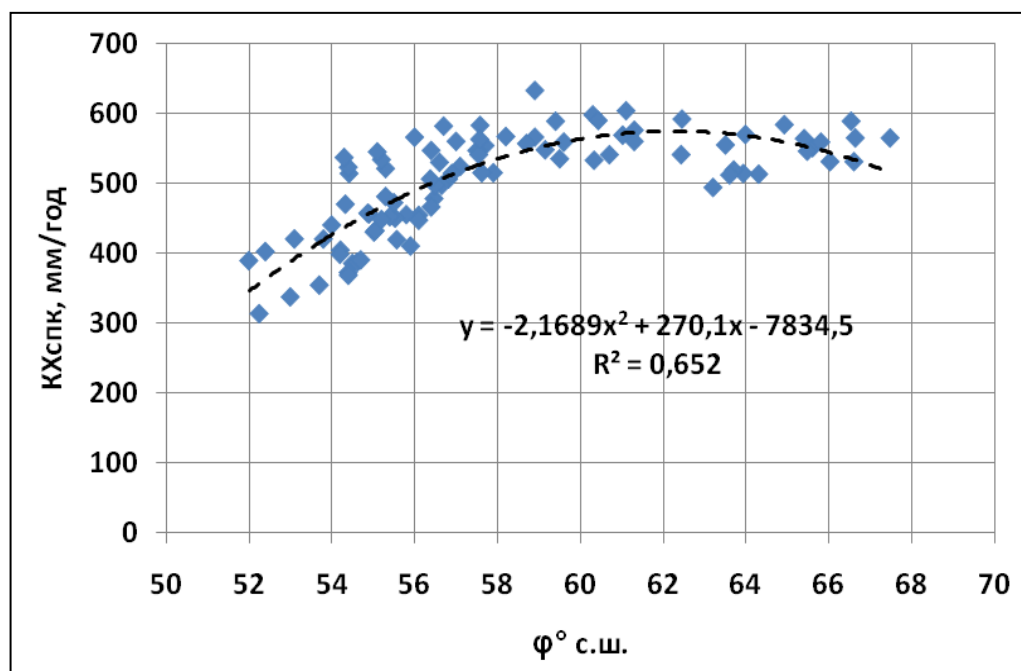


Рисунок 1.6 - Изменение атмосферных осадков  $KX$  (мм/год) с широтой места  $\varphi^\circ \text{ с.ш.}$

Во внутригодовом ходе атмосферных осадков от 70 до 74 % их годовых сумм приходится на летний (апрель-октябрь) период.

Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом в исследуемом регионе возрастает с юга на север, от 160 до 240 дней. Запасы влаги в снежном покрове (средние, максимальные и минимальные) на конец зимнего периода представляют наибольший интерес для оценки ресурсов влаги и

связанных с ними ресурсов поверхностного стока участка суши или речного бассейна.

Анализ данных снегомерных съемок, приводимых в НПС, показал, что запасы влаги в снежном покрове как на защищенных (лес), так и на открытых участках (поле), достоверно возрастают с юга на север, от  $56^{\circ}$  до  $66^{\circ}$  с. ш., соответственно от 120 до 230 мм (защищённый участок) и от 75 до 130 мм (открытый участок), что и показано на рисунке 1.7.

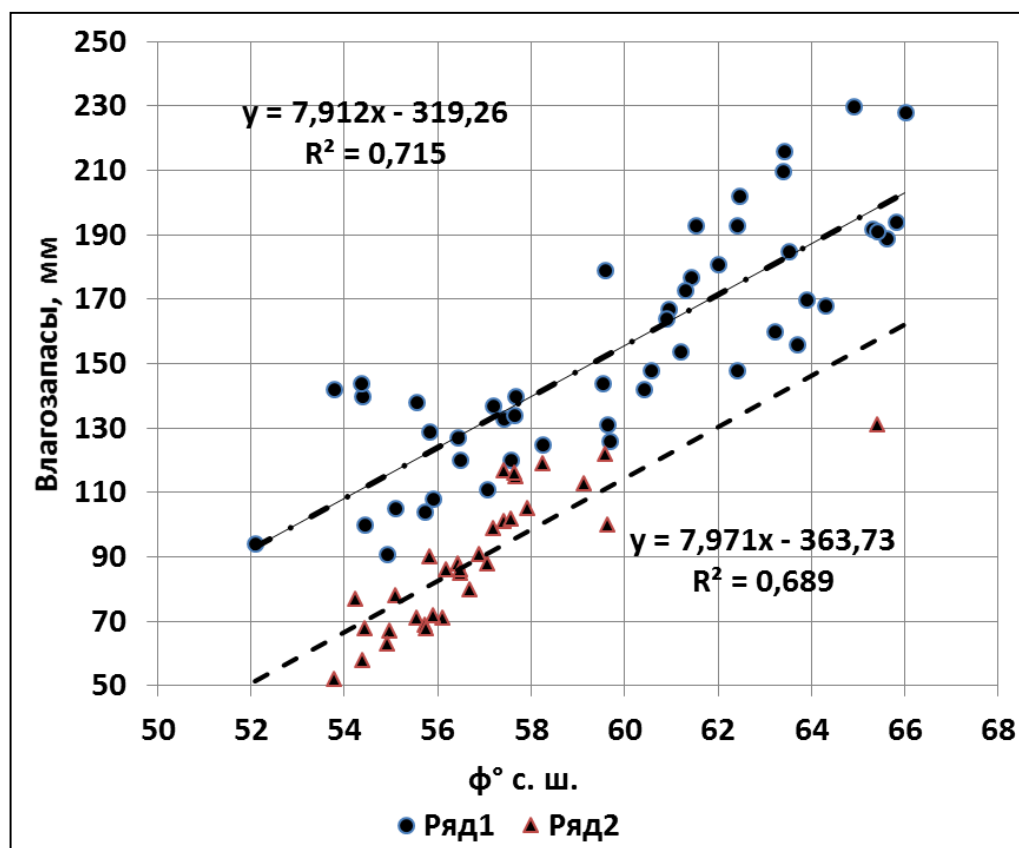


Рисунок 1.7 - Изменение влагозапасов в снеге на защищенных (лес, ряд 1) и открытых (поле, ряд 2) участках.

При этом влагозапасы на защищенных участках в среднем в 1,38 раза выше, чем на открытых участках, рисунок 1.8.

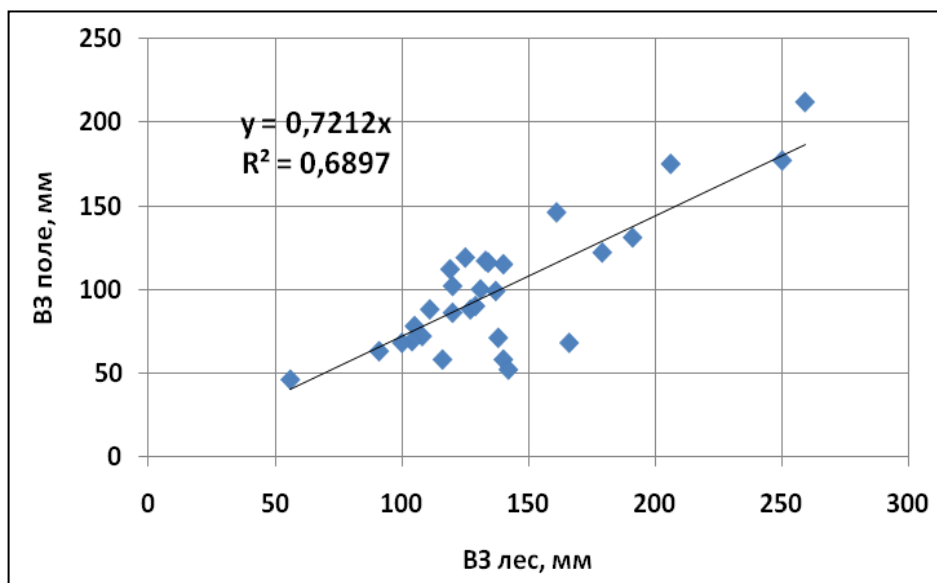


Рисунок 1.8 - Соотношение влагозапасов в снеге на защищенных «ВЗ лес» и открытых «ВЗ поле» участках.

Приводимые на рисунках 1.6–1.8 уравнения и графики, кроме познавательного значения, могут оказаться полезными при интегральной оценке запасов влаги территорий, представленных разными по площади и защищенности участками.

В работе [22] показано, что как за зимний период в целом, так и за месячные интервалы, различия характеристик снежного покрова на открытых и защищенных участках определяются особенностями и временной динамикой ветрового режима и плотности снежного покрова на указанных участках.

Исследование временной изменчивости величин годовых сумм атмосферных осадков на изучаемой территории по данным, опубликованным на сайтах Росгидромета: <http://meteo.ru/data/>; <http://thermograph.ru>, показало, что значения коэффициентов вариации названных сумм за 1966 - 2011 гг. изменяются на широтных отрезках ( $\varphi = 56^{\circ}$ – $65^{\circ}$ с.ш.) от 0,180 до 0,140, и в целом несколько меньше ( $\approx 9\%$ ) значений, рассчитанных за весь период наблюдений.

В качестве иллюстрации временного хода атмосферных осадков на рисунке 1.9 приведена сокращенная суммарная кривая (ССК) годовых сумм атмосферных осадков для г. Тобольска.

Соотношение ресурсов влаги и тепла имеет, как отмечалось, первостепенное значение для оценки интенсивности и направления поверхностного физико-географического процесса в ландшафтной сфере. При этом знание меры соответствия наличных ресурсов влаги оптимально потребным их значениям важно, как с позиций выяснения причинно-следственных связей процессов в ландшафтной сфере, так и в направлении искусственного преобразования этих процессов для достижения наивысшей (требуемой) продуктивности фитоценозов.

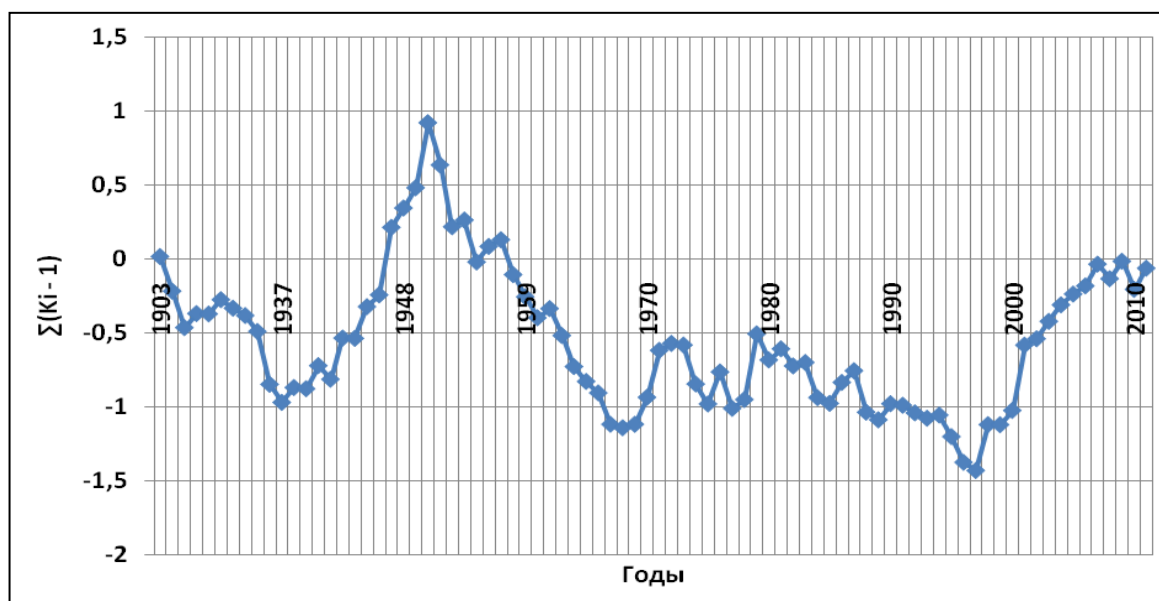


Рисунок 1.9 - ССК годовых сумм атмосферных осадков, г. Тобольск.

Оптимальные условия увлажнения и теплообеспеченности, а, следовательно, и оптимальный водно-воздушный режим почв и наибольшая продуктивность естественных экосистем и агроэкосистем, обеспечиваются при влажности деятельного почвенного слоя от наименьшей влагоемкости до влажности разрыва капилляров. В терминах метода гидролого-климатических расчетов [89] оптимальные условия увлажнения и теплообеспеченности создаются при значениях коэффициента увлажнения  $K_n = N/N_{opt} = 1,0-0,7$  (где  $N$  и  $N_{opt}$  – фактические и оптимально потребные ресурсы влаги, соответственно).

Для годового периода среднего многолетнего года  $N = KX$ , где  $KX$  – сумма атмосферных осадков за год (мм), в качестве  $N_{opt}$  при значении  $K_n = 1,0$  принимается величина максимально возможного суммарного испарения  $Z_m$  –

водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов суммарного испарения –  $LZm$  (МДж/м<sup>2</sup>).

В соответствии с научным и методическим обоснованием, выполненным в работе [90], величина  $LZm$  за годовой период среднего года принимается равной сумме положительного радиационного баланса  $R^+$  и направленного к земной поверхности турбулентного теплообмена  $P^+$ . В связи с отсутствием массовых данных по  $R^+$  и  $P^+$ , рядом исследователей Западной Сибири и других регионов России [19, 20] разработаны эмпирические зависимости  $LZm$  и  $Zm$  от массовых метеорологических величин -  $\sum t_{>0^{\circ}C}$ ,  $\sum t_{>10^{\circ}C}$ ,  $t_{\text{год}}$ ,  $t_{\text{июль}}$  и т.д. (Приложение Г).

В формировании величин  $LZm$  решающая роль принадлежит радиационной составляющей  $R^+ = B_k - E_{\text{эф}}$  (за период  $B_k > E_{\text{эф}}$ ), зависящей от географической широты  $\varphi$ . В связи с этим очевидными оказались уравнения, отражающие зависимость величин от географической широты места( $\varphi$ ).

$$LZm = -62,671 \cdot \varphi + 5277,1, \text{ МДЖ/м}^2 \text{ год} \quad (1.3)$$

$$Zm = -24,943 \cdot \varphi + 2100,3, \text{ мм/ год} \quad (1.4)$$

Графическое отображение зависимостей, характеризующих явление, представлено на рисунке 1.10.

Полезным при выполнении расчётов является также уравнение

$$Zm = 0,2186 \cdot \sum t_{>0^{\circ}C} + 229.06 \text{ мм/год}, \quad (1.5)$$

где  $\sum t_{>0^{\circ}C}$  – сумма положительных температур воздуха выше  $0^{\circ}C$ .

Полученные уравнения связи атмосферных осадков ( $KX$ ) и максимально возможного суммарного испарения ( $Zm$ ) с географической широтой ( $\varphi$ ) позволили рассчитать численные значения коэффициентов увлажнения исследуемой территории  $K_n = f(\varphi)$  в средний многолетний год.

Совмещенные графики  $KX$  ( $\varphi$ ),  $Zm$  ( $\varphi$ ) и  $K_n$  ( $\varphi$ ) представлены на рисунке 1.11. Их комбинация позволяет сделать вывод о том, что на территории Западной Сибири зона оптимальных условий увлажнения и теплообеспеченности в средний год ( $K_n = 1,0 \dots 0,7$ ) располагается в диапазоне  $\varphi \approx 56^{\circ} \dots 61^{\circ}$  с. ш.



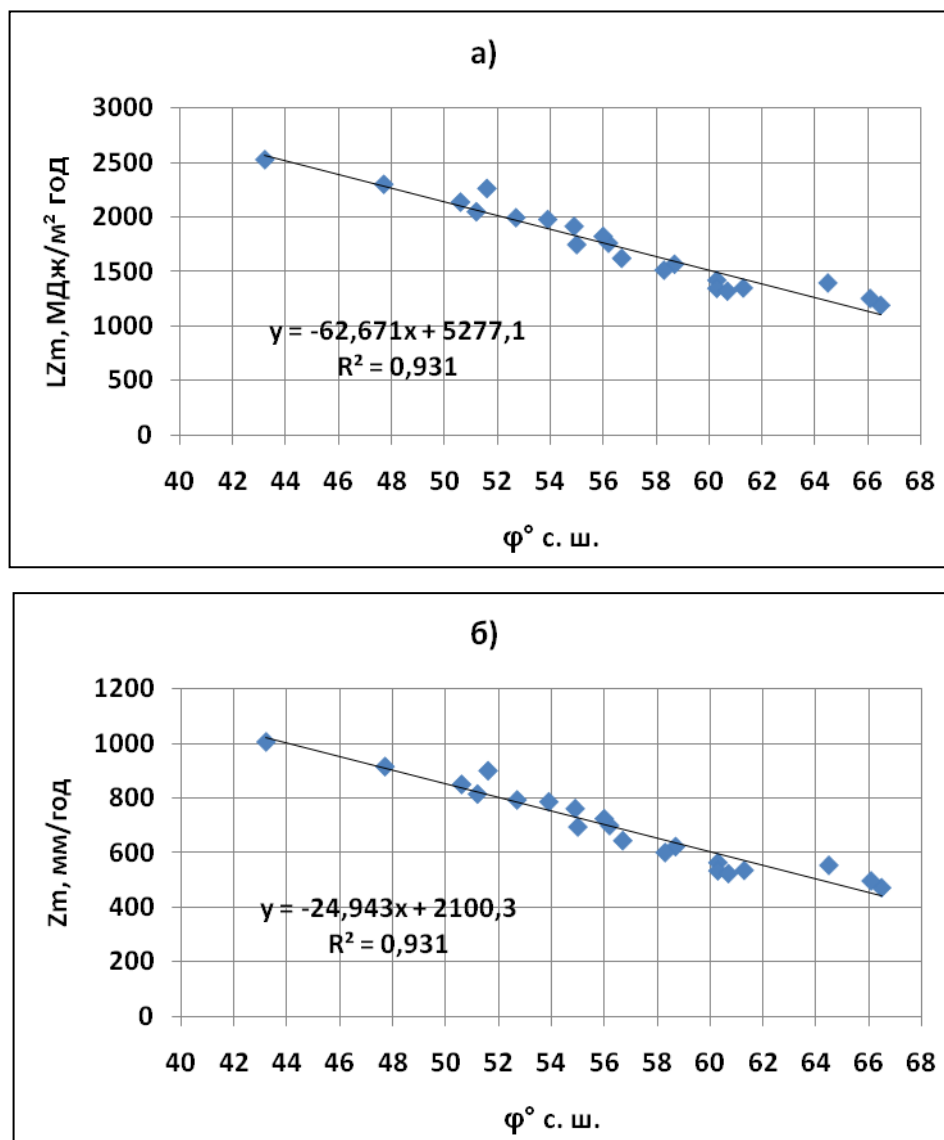


Рисунок 1.10 - Графики связи LZm (а) и Zm (б) с географической широтой  $\varphi^{\circ}$  с.ш.

В диапазоне от  $61^{\circ}$  до  $69^{\circ}$  с. ш. значения коэффициента увлажнения  $K_n$  при уменьшении значений  $Z_m$  от 580 до 350 мм/год и атмосферных осадков  $K_X$  от 580 до 440 мм/год, возрастают до  $K_n \approx 1,23$ .

В результате значительная часть исследуемой территории в условиях среднего многолетнего года избыточно увлажнена.

Можно утверждать, что следствием соотношения ресурсов влаги и тепла является формирование соответствующих термического и гигрометрического режимов приземных слоев атмосферы. В этой связи показательно установление

связи годовых величин коэффициентов увлажнения  $K_n$  и соответствующих им значений недостатка насыщения  $d$  (гПа).

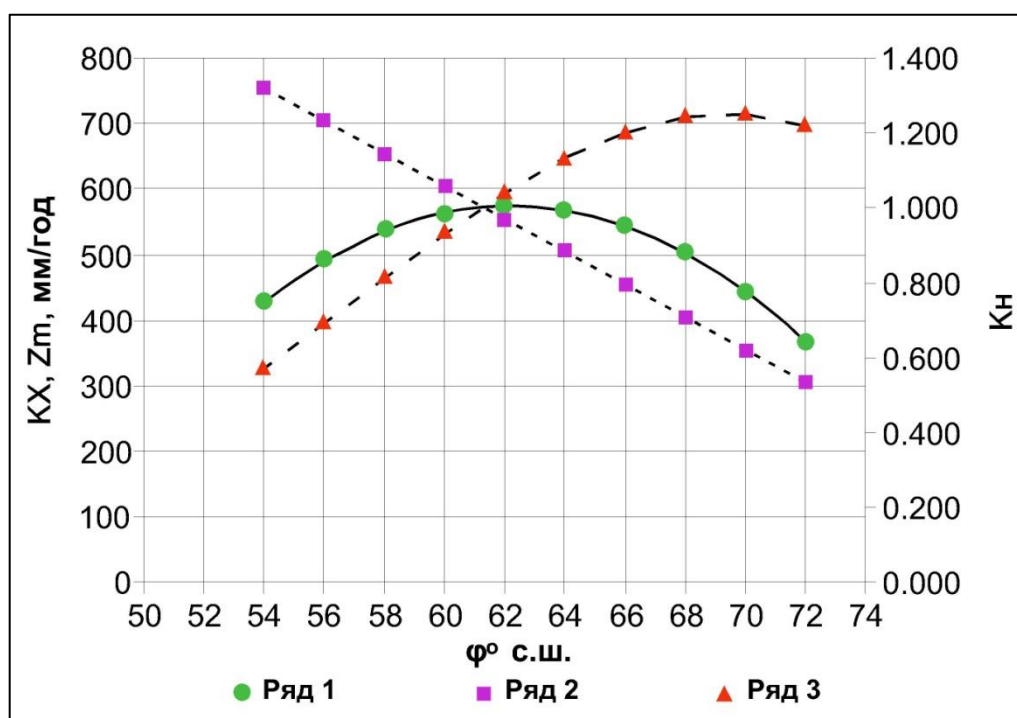


Рисунок 1.11 - Изменение годовых сумм  $KX$  (ряд 1),  $Zm$  (ряд 2) и коэффициента увлажнения  $K_n$  (ряд 3) в средний многолетний год

По данным 97 метеостанций исследуемой территории найдено достаточно надежное (коэффициент корреляции  $R = 0,931 \pm 0,0009$ ) уравнение регрессии:

$$K_n = -0,259 \cdot d + 1,545 \quad (1.6)$$

Из уравнения (1.6) следует, что в диапазоне значений  $d=1,2...5,0$  гПа оптимальному соотношению ресурсов тепла и влаги соответствует значение  $d = 2,1$  гПа. При  $d \rightarrow 5,0$   $K_n \rightarrow 0,251$  – т.е. формируется зона недостаточного увлажнения; при  $d \rightarrow 1,0$   $K_n \rightarrow 1,286$  – формируется зона избыточного увлажнения.

Заметим, что зависимость  $K_n=f(d)$  может оказаться полезной при предварительной оценке условий увлажнения и теплообеспеченности участка суши исследуемой территории.

### 1.2.3 Почвы и растительность

Гидролого-климатические и геологические условия, а также особенности рельефа в совокупности обусловили формирование почвенного и растительного покрова исследуемого региона – территории Западно-Сибирского Севера.

Под воздействием названных факторов на материнских почвообразующих породах (песчаных и супесчаных, глинах и суглинках) в зоне вечной мерзлоты, занимающей более половины территории этого района, сформировалось несколько типов почв.

Для тундровых ландшафтов, занимающих полуострова Западной Сибири (до границы Полярного круга) – это преимущественно тундрово-глеевые почвы. Южнее и по долинам рек Таза и Пура в северной тайге получили распространение болотные торфяные и торфяно-глеевые, глееподзолистые и болотно-подзолистые, торфяно- и торфянисто-глеевые почвы. Ареал распространения этих типов почв довольно обширен, вплоть до широтного отрезка реки Оби. За этой границей названные типы почв также встречаются, но реже; их постепенно сменяют глееэтажные мерзлотные и таёжные мерзлотные почвы; западнее меридионального отрезка нижнего Иртыша сформировались дерново-подзолистые, болотно-подзолистые и дерново-глеевые почвы зоны средней тайги.

В восточной части региона по долинам рек Чаи, Парабели и Васюгана встречаются дерново- и перегнойно-глеевые почвы. В целом в исследуемом регионе почвы формировались в условиях избыточного увлажнения, а потому отличаются характерной для них выщелоченностью.

Плоско-западинный рельеф, слабая дренированность, недостаточная обеспеченность теплом при избытке влаги, способствовали формированию болотных ландшафтов. В результате на территории Западно-Сибирского Севера, сформировались следующие природные ландшафты:

- на севере зоны – травяно-кустарничково-моховые арктические тундры, кустарничково-кочкарно-пушицевые северные и кустарничковые (с берёзкой) южные тундры;

- за полярным кругом – лесотундра. Это лиственнично-еловое редколесье протянулось неширокой полосой, постепенно переходящей в северную и среднюю тайгу;

- южнее 65° с.ш. – северотаёжные темнохвойные леса, где лиственница и ель сочетаются с мохово-лишайниковыми и кустарничково-травяными болотами. Пятнами в этот ландшафт «вклиниваются» лиственнично-сосновые леса со сфагновыми верховыми болотами;

- среднетаёжные темнохвойные и светлохвойные леса распространены на западе региона, там, где зауральский участок примыкает к нижнему течению реки Иртыш;

- ландшафты Средней Оби отличаются темнохвойными елово-кедровыми лесами;

- в восточной части региона, южнее 65°-62° с.ш., распространены среднетаёжные светлохвойные сосновые леса, а по долинам рек – сфагновые верховые болота;

- в поймах Оби, Иртыша и других рек сформировались луга, болота, кустарники.

Таким образом, за исключением северных полуостровов, основной тип древесных пород, формирующих ландшафты лесоболотной зоны исследуемого региона – это хвойные породы, где наряду с елью сибирской и сосной кедровой обширны ареалы лиственницы сибирской и сосны обыкновенной. Из лиственных пород распространены берёза пушистая и берёза бородавчатая, осина.

По оценке специалистов [162], в лесоболотной зоне более 50% территории занято болотами и заболоченными лесами. Массивы сосновых боров занимают около 25% лесопокрытой площади, меньшие площади покрыты кедровой сосной, пихтой сибирской и елью. Березняки занимают более 20% площади этого региона.

Всего на территории исследуемого района – Западно-Сибирского Севера [37] сложилось три типа ландшафтных образований. Это зональные области Западно-Сибирской тундры, лесотундры и тайги, в которых на основе анализа комплекса факторов ландшафтной дифференциации в ходе диссертационного

исследования уточнены границы и количество ландшафтных провинций исследуемого региона. Результаты отражены на рисунке 1.12.

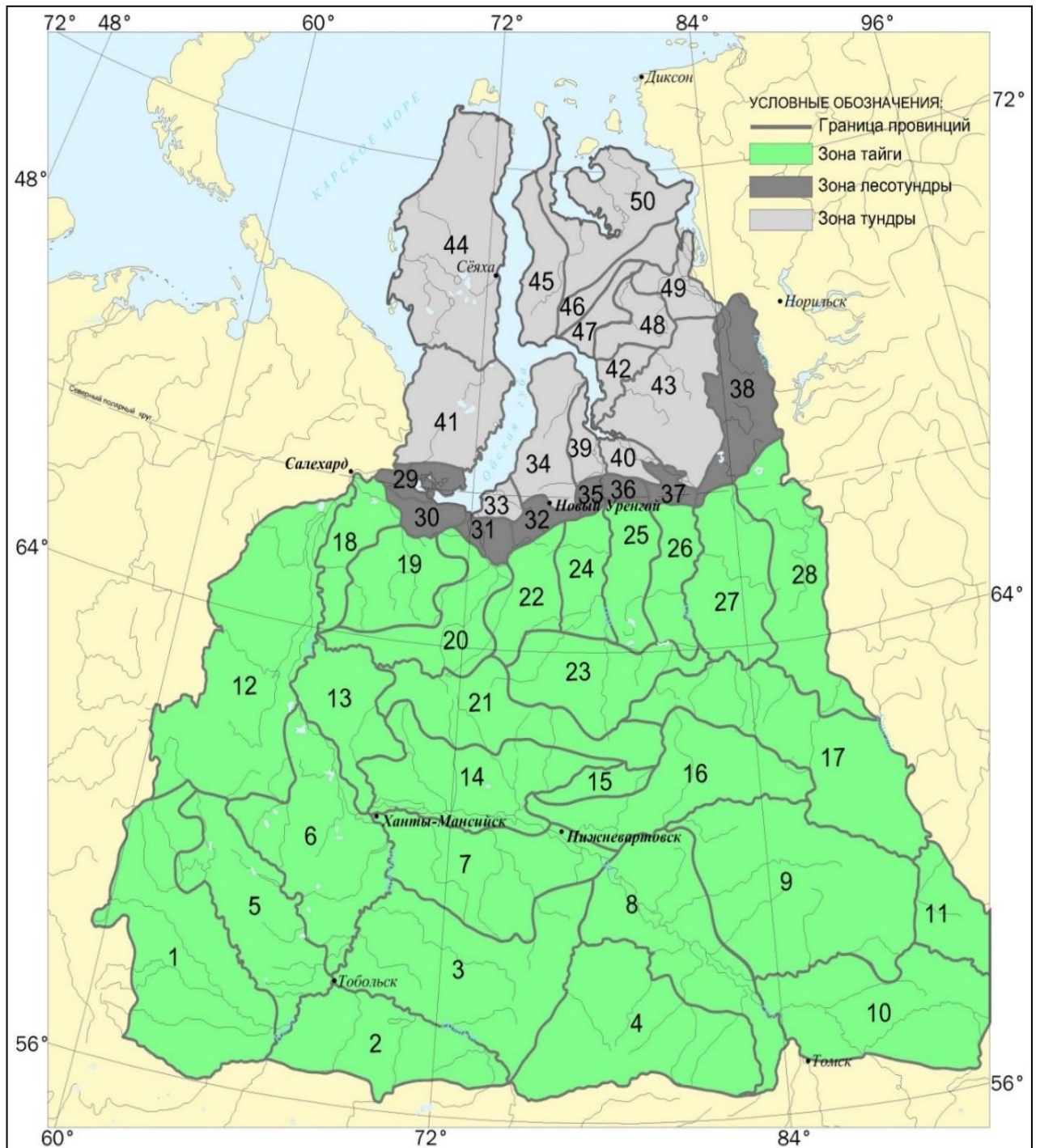


Рисунок 1.12 - Схема физико-географического районирования зональных областей Западно-Сибирской физико-географической страны [37]

Легенда к схеме физико-географического районирования: Западно-Сибирской физико-географической страны.

**Зональная область Западно-Сибирской тайги:**

Провинции: 1 – Туринская, 2 – Ашлыкская, 3 – Тобольская, 4 – Васюганская, 5 – Среднеиртышская, 6 – Кондинская, 7 – Юганская, 8 – Обь-Тымская, 9 – Кетско-Тымская, 10 – Чулымская, 11 – Енисейская, 12 – Северо-Сосьвинская, 13 – Белогорская, 14 – Сургутская, 15 – Вахская, 16 – Аганская, 17 – Верхнетазовская, 18 – Нижнеобская, 19 – Полуйская, 20 – Надымская, 21 – Нулетовская, 22 – Южноненецкая, 23 – Пякупур-Толькинская, 24 – Тарко-Салесская, 25 – Часельская, 26 – Усть-Худосейская, 27 – Среднетазовская, 28 – Туруханская.

**Зональная область Западно-Сибирской лесотундры:**

Провинции: 29 – Усть-Обская, 30 – Салехардская, 31 – Усть-Надымская, 32 – Верхненыдская, 35 – Усть-Нгарская, 36 – Верхненгарская, 37 – Сидоровская, 38 – Южнохетская.

**Зональная область Западно-Сибирской тундры:**

Провинции: 33 – Усть-Ныдская, 34 – Северо-Ненецкая, 39 – Усть-Пурская, 40 – Верхлукыхская, 41 – Щучинская, 42 – Мессояхская, 43 – Северохетская, 44 – Североямальская, 45 – Юрибейская, 46 – Гыданская, 47 – Верхтанамская, 48 – Танамская, 49 – Усть-Енисейская, 50 – Северогыданская.

Каждая из перечисленных провинций характеризуется индивидуальным набором зональных и локальных факторов их формирования и функционирования, совокупность которых формирует их экологическую емкость и устойчивость, методике оценке и эколого-географическому анализу которых посвящена 2-я глава диссертационной работы.

## **2 МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО СЕВЕРА**

Рассмотренные в п. 1.2 физико-географические условия исследуемой территории свидетельствуют о том, что формирование, функционирование и устойчивость природных систем определяющим образом зависит от совокупности экологических факторов зонального и локального масштаба.

В связи с этим реализация принципа соизмерения и сбалансированности производственных и природных потенциалов в своей практической части требует, с одной стороны, количественной оценки экологической емкости исследуемой территории как природного комплекса, с другой – определения величины интегральной техногенной нагрузки на эту территорию.

Для реализации этой задачи перспективными в теоретическом и практическом отношении представляются разработки Т.А. Акимовой и В.В. Хаскина [1, 2], в соответствии с которыми полная экологическая емкость территории количественно определяется суммой объемов (масс) основных природных резервуаров (воздушного, водного, земельного, фитомассы) и мощностью потоков биогеохимического круговорота. Такое понимание полной экологической емкости территории согласуется с идеями А.А. Григорьева и М.И. Будыко [52, 53] о движущих силах и интенсивности физико-географического процесса, определяемых особенностями и интенсивностью превращения энергии и вещества в ландшафтной сфере.

Аналитическим выражением законов сохранения и превращения энергии и вещества в ландшафтной сфере являются уравнения теплового (теплоэнергетического) и водного баланса. При этом структура приходо-расходных элементов названных уравнений определяется совокупностью зональных, прежде всего климатических, и локальных факторов. Исходя из этого основу оценки эколого-географических характеристик функционирования и устойчивости природных систем должны составлять результаты исследований

зональных и локальных закономерностей (особенностей) преобразования ресурсов влаги и тепла земной поверхности, а также санитарно-гигиенические нормативы качества компонентов окружающей среды. Указанным требованиям, как это показано в работах [21, 112, 113] в наибольшей степени соответствуют такие характеристики как экологическая емкость, экологическая техноемкость и предельно допустимая техногенная нагрузка [1, 2].

## 2.1 Экологический потенциал и его оценка

Экологический потенциал или экологическая емкость любой территории независимо от способов их определения, так или иначе, должны представлять собой сумму экологических емкостей трех основных компонентов окружающей среды - воздушного и водного бассейнов и фитомассы исследуемой территории. Емкость каждого из названных компонентов природной среды численно равна произведению трех величин – площади или объема среды, концентрации экологически значимых элементов в этой среде и скорости обновления массы или объема рассматриваемой среды, то есть:

$$E_i = W_i \cdot c_i \cdot f_i, \quad (2.1)$$

где  $E_i$  – экологическая емкость исследуемого компонента среды, т/год;

$W_i$  – объем или площадь ( $S_i$ ) среды (соответственно  $\text{км}^3$  или  $\text{км}^2$ );

$c_i$  – содержание (концентрация, плотность) экологически значимого элемента,  $\text{т/км}^3$  или  $\text{т/км}^2$ ;

$f_i$  – параметр, характеризующий скорость обновления массы или объема (1/год).

В качестве экологически значимых компонентов для атмосферного воздуха принимаются углекислый газ и кислород; вода - для поверхностных вод суши и среднегодовая фитомасса – для земной поверхности [1, 2].

Скорости кратного обновления объема или массы среды  $f$  определяются по зависимостям:

$$\text{для воздуха } f_1 = d \cdot v \cdot S^{-1/2}, \quad (2.2)$$



$$\text{для поверхностных вод } f_2 = (W_3 + W_4) / W_2, \quad (2.3)$$

$$\text{для фитоценозов } f_3 = P_B / B, \quad (2.4)$$

в которых  $S$  – площадь территории,  $\text{км}^2$ ;

$v$  – скорость ветра,  $\text{м/с}$ ;  $d = 55896$ ;

$W_3$  и  $W_4$  – соответственно объемы воды на входе рассматриваемого участка и объем местного стока,  $\text{км}^3$ ;

$W_2$  – среднегодовой объем воды в поверхностных водотоках и водоемах территории,  $\text{км}^3$ ;

$P_B$  и  $B$  – соответственно годовая продукция сухого вещества ( $\text{т/км}^2 \text{ год}$ ) и среднегодовая фитомасса сухого вещества территории ( $\text{т/км}^2$ ).

Отметим, что экологический потенциал (или экологическая емкость) обладают пространственной и временной изменчивостью, связанной с изменчивостью параметров, входящих в приведенные выше зависимости. В работах Н.Б. Поповой [110, 112, 113] впервые было показано, что исследование закономерностей пространственно-временной изменчивости экологической емкости (и ее составляющих) целесообразно и продуктивно выполнять с использованием соответствующих удельных значений экологической емкости, численно равных величине соответствующей экологической емкости участка суши площадью  $1 \text{ км}^2$  ( $\text{т/км}^2 \cdot \text{год}$ ).

Рассмотрим подробнее. При определении удельного экологического потенциала приземного слоя воздуха ( $e_1$ ), принимая в формуле (2.1 и 2.2) значение площади  $S = 1,0 \text{ км}^2$ , после преобразований получим:

$$e_1 = h \cdot c_1 \cdot d \cdot v, \text{ т/км}^2 \cdot \text{год} \quad (2.5)$$

где  $h$  – приведенная высота слоя воздуха, в  $\text{км}$ , подвергающегося техногенному загрязнению.

По выражению (2.5) видно, что величина удельного экологического потенциала приземного слоя воздуха  $e_1$  при прочих равных условиях прямопропорциональна средней годовой скорости ветра ( $v$ ). Следовательно, пространственно-временная изменчивость скорости ветра является одним из

главных природных факторов, определяющих изменчивость удельной экологической емкости приземного слоя воздуха.

С учетом значений постоянных величин, входящих в формулу (2.5), получим расчетную зависимость для удельного экологического потенциала приземного слоя воздуха

$$e_1 = 1,68 \cdot h \cdot v \cdot 10^{10}, \text{ т/км}^2 \cdot \text{год} \quad (2.6)$$

Известно, что скорость ветра, как и любая другая метеорологическая величина, есть величина случайная, а ее значения, равно как и экологической емкости приземного слоя воздуха любой вероятности превышения (обеспеченности), могут быть рассчитаны обычными методами.

В ряду реальных лет в годы с большей скоростью ветра участок суши площадью в  $1 \text{ км}^2$  будет иметь больший удельный экологический потенциал, а следовательно, такие годы будут отличаться более благоприятной экологической обстановкой в приземном слое воздуха. Обратная ситуация будет наблюдаться в годы с малыми скоростями ветра.

Для расчета величин  $e_1$  необходимы данные о скорости ветра, которые могут быть получены на основе стандартных наблюдений на сети метеорологических станций. Это делает возможными исследования закономерностей пространственно-временной изменчивости удельного экологического потенциала приземного слоя воздуха.

В соответствии с общей формулой (2.1) и принятыми выше обозначениями экологический потенциал поверхностных вод территории  $E_2$  равен:

$$E_2 = W_2 c_2 \cdot f_2, \text{ т/год}, \quad (2.7)$$

где все обозначения понятны из предыдущего. С учетом скорости обновления объемов местного и транзитного стоков уравнение принимает вид:

$$E_2 = W_2 \cdot 10^9 \cdot (W_3 + W_4) / W_2 = (W_3 + W_4) \cdot 10^9, \text{ т/год} \quad (2.8)$$

Из выражения (2.8) видно, что экологический потенциал поверхностных вод суши  $E_2$  определяется исключительно за счет их динамической части,

сформированной на рассматриваемой территории ( $W_3$ ) и поступившей с сопредельной территории ( $W_4$ ).

Известно, что при оценке водных ресурсов любой территории широко применяют такие единицы измерения как слой (мм) или модуль стока ( $\text{л/с} \cdot \text{км}^2$ ). В связи с этим переход к удельной экологической емкости поверхностных вод суши (территории) –  $e_2$  – представляется несложным.

В результате деления обеих частей равенства (2.8) на площадь территории ( $S, \text{км}^2$ ) и простых преобразований получим:

$$e_2 = E_2 / S = (Y_m + Y_t) \cdot 10^3, \text{ т/км}^2 \cdot \text{год}, \quad (2.9)$$

где  $Y_m$  – слой местного стока за год, мм;

$Y_t$  – слой транзитного стока (мм), равный:

$$Y_t = 10^6 \cdot W_4 / S, \text{ мм} \quad (2.10)$$

( $W_4$  и  $S$  имеют размерность соответственно  $\text{км}^3$  и  $\text{км}^2$ ).

Таким образом, удельная экологическая емкость поверхностных вод суши (территории) равна сумме удельных величин «местной» и «транзитной» экологической емкости.

Значения слоя местного стока  $Y_m$  являются реализацией процессов трансформации (преобразования) ресурсов влаги и тепла земной поверхности. При этом интенсивность этих процессов определяется как наличными ресурсами тепла и влаги, так и особенностями строения подстилающей поверхности участка суши. В аналитическом виде оба эти процесса описываются уравнениями связи водного и теплового баланса деятельной поверхности (2.8-2.10), в которых суммарное испарение, а, следовательно, и сток (как элемент водного баланса), являются функцией увлажнения и строения участка суши. В этой связи и удельная экологическая емкость поверхностных вод участка суши является реализацией единого и неразрывного природного процесса – процесса преобразования ресурсов влаги и тепла земной поверхности. Значения местного стока и «местной» удельной экологической емкости поверхностных вод за средний год и в ряду конкретных лет могут быть найдены, например, в результате

совместного решения уравнений водного и теплового (теплоэнергетического) балансов или в результате анализа материалов водного кадастра.

Очевидно, что «транзитная» компонента экологической емкости  $Y_T$  появляется лишь в случае притока на исследуемый участок суши речного стока с сопредельной территории. При наличии данных наблюдений определение  $Y_T$  не представляет каких-либо трудностей. Для неизученных в гидрологическом отношении районов речной сток с сопредельной территории может быть определен в результате соответствующих гидрологических расчетов.

Отметим, что величины  $Y_M$  и  $Y_T$  имеют разное экологическое значение и смысл. Так, если  $Y_M$  характеризует собственный экологический потенциал поверхностных вод исследуемой территории, то  $Y_T$  является лишь трансграничной добавкой к величине  $Y_M$ . Попутно заметим, что наличие транзитного речного стока на рассматриваемой территории во всех случаях повышает экологическую емкость территории.

Изменчивость во времени удельного экологического потенциала водных ресурсов связана с соответствующей изменчивостью местного и транзитного стока. Следовательно, коэффициенты вариации удельного экологического потенциала численно равны коэффициентам вариации соответственно местного и транзитного стока, и определяются по результатам стандартных гидрологических расчетов. В ряду конкретных лет годам с большими величинами местного и транзитного стока будут соответствовать и большие значения удельного экологического потенциала поверхностных вод.

Удельный экологический потенциал фитоценозов, как это следует из выражений (2.1) и (2.4) равен величине годовой продукции растительного сообщества, выраженной в сухой массе, то есть:

$$e_3 = P_B, \text{ т/км}^2 \text{ год} \quad (2.11)$$

Определение удельного экологического потенциала фитоценозов при наличии фактических данных о продукции представляется несложной задачей. В

действительности подобные фактические данные, как правило, имеют сугубо локальный характер и не продолжительны по времени.

В настоящее время можно считать общепризнанным и установленным тот факт, что годовая продукция, равно как и географические закономерности распределения фитомассы на суше, определяются, главным образом, климатическими факторами, а именно – распределением ресурсов влаги и тепла. К числу первых попыток установления связи между величинами годичной продукции и обеспеченности теплом и влагой, принадлежат фундаментальные исследования А.А. Григорьева и М.И. Будыко. Установлено, что максимальная продуктивность растительного покрова достигается при равенстве годового радиационного баланса количеству тепла, необходимому для испарения годовой суммы атмосферных осадков, то есть при значении «индекса сухости», равном единице. В дополнении к этому можно привести также и результаты других исследований, относящихся к связям величин годичной продукции с климатическими факторами.

Представляется очевидным, что для количественной оценки годичной продукции могут использоваться также и характеристики увлажнения и теплообеспеченности земной поверхности. Для условий среднего года это  $K_n = KX/Z_m$ ,  $\delta_{KX} = KX/Z_k$  и  $Z_k$  ( $KX$  – сумма атмосферных осадков за год;  $Z_m$  и  $Z_k$  – соответственно, максимально возможное суммарное испарение и водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов климата). Так, в работе [112] приводятся следующие связи годичной продукции с характеристиками увлажнения и теплообеспеченности

$$Y = ax^2 + bx + c, \quad (2.12)$$

в которых  $Y$  - годовая продукция, т/км<sup>2</sup> · год;

$x$  - характеристика увлажнения и теплообеспеченности ( $KX/Z_k$ ,  $K_n$  и  $Z_k$ );

$a$ ,  $b$  и  $c$  - параметры регрессии (табл.2.1).

В соответствии с уравнением (2.12) максимальное значение годовой продукции в средний год на территории Западной Сибири составляет от 717 до 734 т/км<sup>2</sup> год, что соответствует положению зоны южной тайги. К северу от этой

зоны годичная продукция уменьшается из-за уменьшения ресурсов тепла, а к югу — из-за недостатка влаги.

Таблица 2.1 - Значения параметров регрессии (а, b и с) и коэффициенты корреляции уравнения (2.12)

Характеристика	Параметры регрессии			Коэффициент корреляции
	а	b	с	
KX/Z <sub>к</sub>	- 4084,2	3644,6	- 96,44	0,924 ± 0,03
K <sub>н</sub>	- 1152,6	1854,8	- 15,73	0,919 ± 0,03
Z <sub>к</sub>	- 0,0025	5,66	- 2469,4	0,916 ± 0,03

Величина суммарного удельного экологического потенциала участка суши численно равна сумме частных удельных потенциалов, т.е.

$$e = e_1 + e_2 + e_3, \text{ т/км}^2 \cdot \text{год} \quad (2.13)$$

После подстановки значений  $e_1$ ,  $e_2$  и  $e_3$  (зависимости 2.6, 2.9, 2.11 и 2.12), получим уравнение:

$$e = e_1 + e_2 - 4084,2 \cdot (KX/Z_k)^2 + 3644,6 \cdot (KX/Z_k) - 96,44 \quad (2.14)$$

в котором, для определения  $e_3$  использована зависимость годичной продукции от соотношения ресурсов влаги и тепла ( $KX/Z_k$ ). В уравнении (2.14) удельный экологический потенциал приземного слоя воздуха непосредственно не зависит от режима увлажнения и теплообеспеченности участка суши. Слагаемое  $(Y_m + Y_t) \cdot 10^3$ , равно как и остальные компоненты уравнения (2.14), при изменении увлажнения территории также изменяется. Так, при возрастании увлажнения значения  $Y_m$  всегда и только возрастают, что, несмотря на уменьшение величины  $e_3$  в случае избыточного увлажнения, даст возрастание суммарного удельного экологического потенциала участка суши. Значения  $Y_t$  при возрастании увлажнения зоны формирования транзитного стока также будут возрастать. Конечно, колебания  $Y_m$  и  $Y_t$  не обязательно должны быть синхронны.

Совмещенный график связи относительных величин каждого из рассмотренных компонентов суммарного удельного экологического потенциала с увлажнением участка суши, в том числе и зоны формирования транзитного стока, позволяет раскрыть влияние соотношения ресурсов влаги и тепла на экологический потенциал территории. Ясно, что за счет возрастания удельных

величин экологического потенциала поверхностных вод  $e_2$ , и годичной продукции  $e_3$ , с ростом увлажнения возрастает и суммарный удельный экологический потенциал участка суши, а, следовательно, и экологический потенциал территории. Справедливость этого вывода вытекает из очевидного - величины  $e_1$ ,  $e_2$  и  $e_3$  при любых соотношениях ресурсов влаги и тепла всегда больше нуля.

## 2.2 Экологическая техноёмкость территории

Экологическая техноёмкость территории (ЭТТ) представляет собой долю общей экологической ёмкости территории, определяемую коэффициентом вариации состава среды от естественного уровня, при котором не происходит нарушение экологической устойчивости рассматриваемого компонента среды.

Превышение естественного уровня изменчивости обычно связано с антропогенным воздействием, при котором нарушается экологическая устойчивость природного комплекса территории.

Если трем компонентам среды обитания — воздуху, воде и земле (или почве), включая биоту экосистем и совокупность реципиентов, приписать индексы, соответственно 1, 2 и 3, то ЭТТ может быть вычислена по формуле:

$$ЭТТ_i = T_i = \sum_1^3 \mathcal{E}_i \cdot X_i \cdot A_i, \quad (2.15)$$

где  $ЭТТ_i = T_i$  — экологическая техноёмкость территории, выраженная в единицах массы техногенной нагрузки, усл. т/год;

$\mathcal{E}_i$  - экологическая ёмкость  $i$ -ой среды, т/год;

$X_i$  - коэффициент вариации естественных колебаний содержания основной субстанции в среде;

$A_i$  - коэффициент перевода фактической массы загрязняющего вещества в условные тонны (коэффициент относительной опасности примесей).

Значения экологической ёмкости  $\mathcal{E}_i$  рассчитывается по соответствующим зависимостям, приведенным в п. 2.1.

По поводу значения коэффициента вариации  $X_i$  отметим следующее. В соответствии с рекомендациями, изложенными в работе [1] и апробированными в

работах [21, 110, 112, 113], допустимо принять для воздуха  $X_1 = 3 \cdot 10^{-6}$ ; для воды равнинных рек и озер  $X_2 = (4,0 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}$ ; для биоты, на основании данных о дисперсиях величин продукции биоценозов,  $X_3$  можно принять численно равным  $X_3 = 0,43 \cdot F_3$ .

При этом коэффициент относительной опасности примесей  $A_i$  для каждой из сред достоверно может быть рассчитан на основании информации о фактическом или предполагаемом поступлении (эмиссии) в эту среду массы приоритетных загрязнений и их токсичности:

$$A_i = \frac{\sum_{v=1}^U M_{iv} \cdot T_{iv}}{\sum_{v=1}^U M_{iv}}, \quad (2.16)$$

где  $M_{iv}$  - масса  $v$ -го вредного вещества, поступающего за год в  $i$ -ю среду от всех источников территории, т/год;

$T_{iv}$  - относительная токсичность  $v$ -го вещества в  $i$ -й среде, усл.т/т, оцениваемая по соотношению

$$T_{iv} = \frac{\bar{C}_{i(st)}}{\bar{C}_{iv}} = \frac{\text{ПДК}_{\text{Эт}i}}{\text{ПДК}_i}, \quad (2.17)$$

где  $\bar{C}_{i(st)} = \text{ПДК}_{\text{Эт}i}$  - нормативно предельная концентрация вещества, принятого как эталон для сравнения токсичности загрязняющих веществ, мг/л или г/м<sup>3</sup>;

$\bar{C}_{iv} = \text{ПДК}_i$  – это принятая для оценки токсичности предельная концентрация  $v$ -го вещества в среде, мг/л или г/м<sup>3</sup>,

При отсутствии конкретных данных о количестве и составе примесей, средние значения  $\tau_i$  могут быть приняты равными:

- для воздуха (если в качестве эталонной примеси выбран диоксид серы)  $A_1 = 0,46$  усл. т/т,
- для воды  $A_2 = 0,3$  усл. т/т,
- для почвы и биоты  $A_3 = 0,37$  усл. т/т.

Можно заметить, что принимаемые в расчетах  $T_i$  значения  $A_i$  прямо зависят от загрязняющего вещества в компонентах природной среды, назначенного в результате анализа структуры загрязняющих веществ (ЗВ). Отметим, что  $A_i$  при прочих равных условиях, определяется величиной  $\text{ПДК}_{\text{Эт}}$ , принятой в качестве



приоритетных (наиболее весомых) одного или группы ЗВ, определяющих качество и экологическую устойчивость компонентов природной среды.

Если в формуле (2.15) вместо значения экологической емкости  $\mathcal{E}_i$  подставить соответствующие величины удельной экологической емкости  $e_i$ , то в результате расчетов будут определены соответствующие удельные значения экологической техноемкости  $t_1$  – приземного слоя воздуха,  $t_2$  – поверхностных вод и  $t_3$  – фитоценозов (усл.т/км<sup>2</sup>).

## **2.3 Исходные данные, порядок и результаты расчетов увлажнения, элементов влагооборота, экологического потенциала и экологической техноемкости участка суши в средний год**

### **2.3.1 Исходные данные**

Исходными данными для расчетов эколого-географических характеристик в средний год являются список и схема расположения метеорологических станций (и постов); радиационные характеристики климата по данным актинометрических станций; годовые суммы атмосферных осадков КХ, откорректированные на их недоучет осадкомерными приборами, мм; сумма положительных температур воздуха: выше 10°C -  $\Sigma t_{>10}$ , выше 0°C -  $\Sigma t_{>0}$ , а также средняя годовая  $t_{\text{ср}}$  и средняя за июль  $t_{\text{VII}}$  температура воздуха; сведения о влагозапасах в снежном покрове; сведения о годовом стоке изученных рек и гидрографические характеристики речных бассейнов; данные о годовом стоке рек; сведения о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу, сбросах загрязняющих веществ в природные воды, о загрязнении почвенного покрова; сведения о содержании и концентрации загрязняющих веществ в выбросах в атмосферу; сведения о содержании и концентрации загрязняющих веществ в речных водах.

В диссертационной работе эти сведения помещены в Приложениях - Приложении А и А1; Приложении В; Приложении Д; Приложении Г.

Получение перечисленных метеоэлементов и характеристик в целом не представляет затруднений, так как эти сведения публикуются в Справочниках по

климату, Научно-прикладных справочниках по климату (соответствующие части выпусков 9, 17, 20) и в соответствующих выпусках государственного водного кадастра.

### 2.3.2 Порядок и результаты расчетов

Расчеты гидролого-климатических и эколого-географических характеристик выполняются в следующем порядке.

Годовые суммы радиационных характеристик в средний год рассчитываются по уравнениям регрессии, полученным на основе обобщения материалов региональных актинометрических данных. Годовые суммы водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов климата  $Z_K$  и максимально возможного суммарного испарения  $Z_m$  оцениваются по региональным зависимостям (рис. 2.1 и рис. 2.2).

Суммы атмосферных осадков (ресурсов влаги) за любой период среднего года  $KX=N$  принимаются по данным Справочников по климату или по Научно-прикладным справочникам.

Степень соответствия естественных условий увлажнения деятельной земной поверхности ( $H$ ) оптимально потребным ( $H_{opt}$ ), обеспечивающим наивысший уровень развития фитоценозов, оценивается величиной коэффициента увлажнения  $K_H = H/H_{opt} = H/Z_m$ . Избыточному увлажнению земной поверхности соответствуют значения  $K_H > 1,0$ . В оптимальных условиях увлажнения  $K_H = 1,0$  и влажность деятельного слоя почвы равна наименьшей влагоемкости. Зоне недостаточного увлажнения соответствуют значения  $K_H < 1,0$  с влажностью деятельного слоя меньше наименьшей влагоемкости.

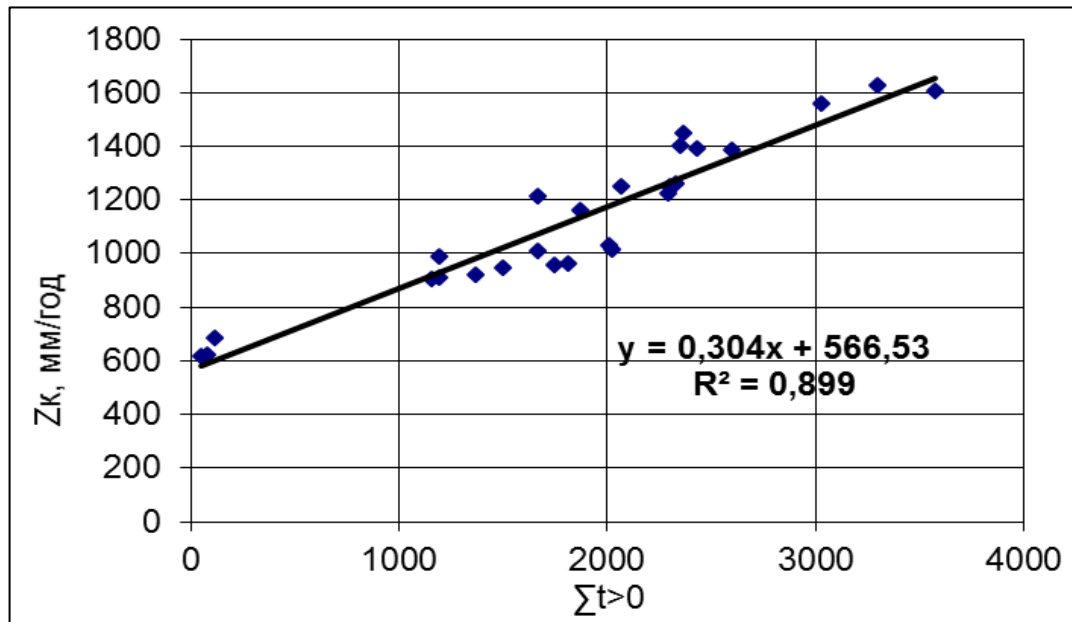


Рисунок 2.1 - График связи  $Z_k$  с суммами температур воздуха выше  $0^\circ\text{C}$  ( $\Sigma t > 0$ )

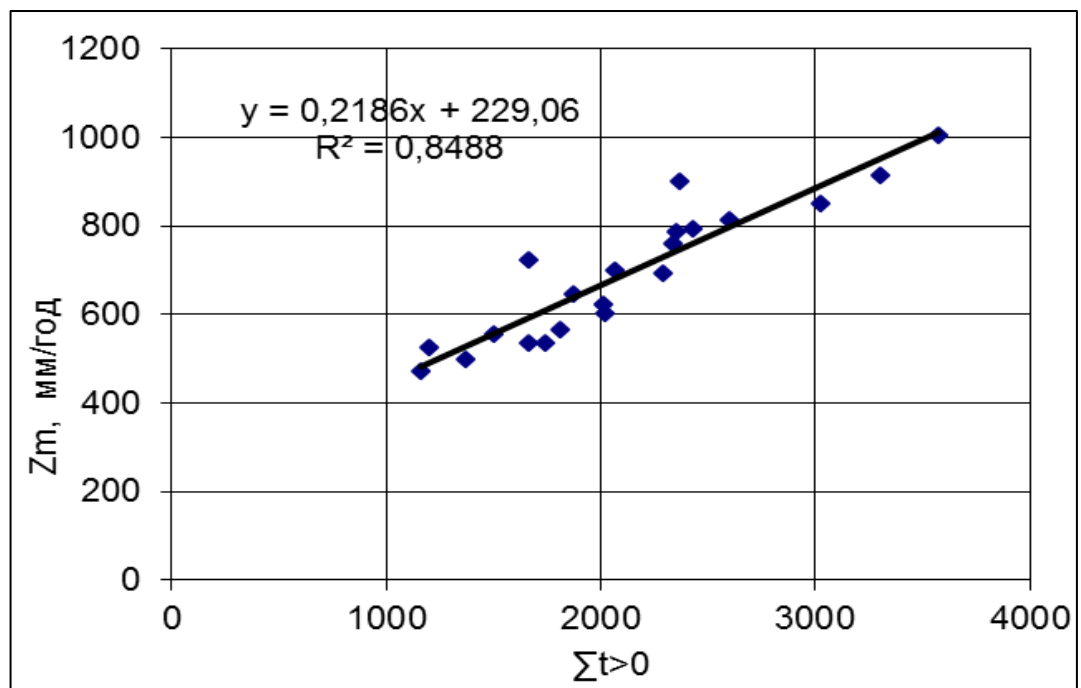


Рисунок 2.2 - График связи  $Z_m$  с суммами температур воздуха выше  $0^\circ\text{C}$  ( $\Sigma t > 0$ )

Результаты расчетов  $K_n$  по 104 пунктам изучаемой территории приведены в Приложении Д и обобщены в виде карты изолиний (рис. 2.3)

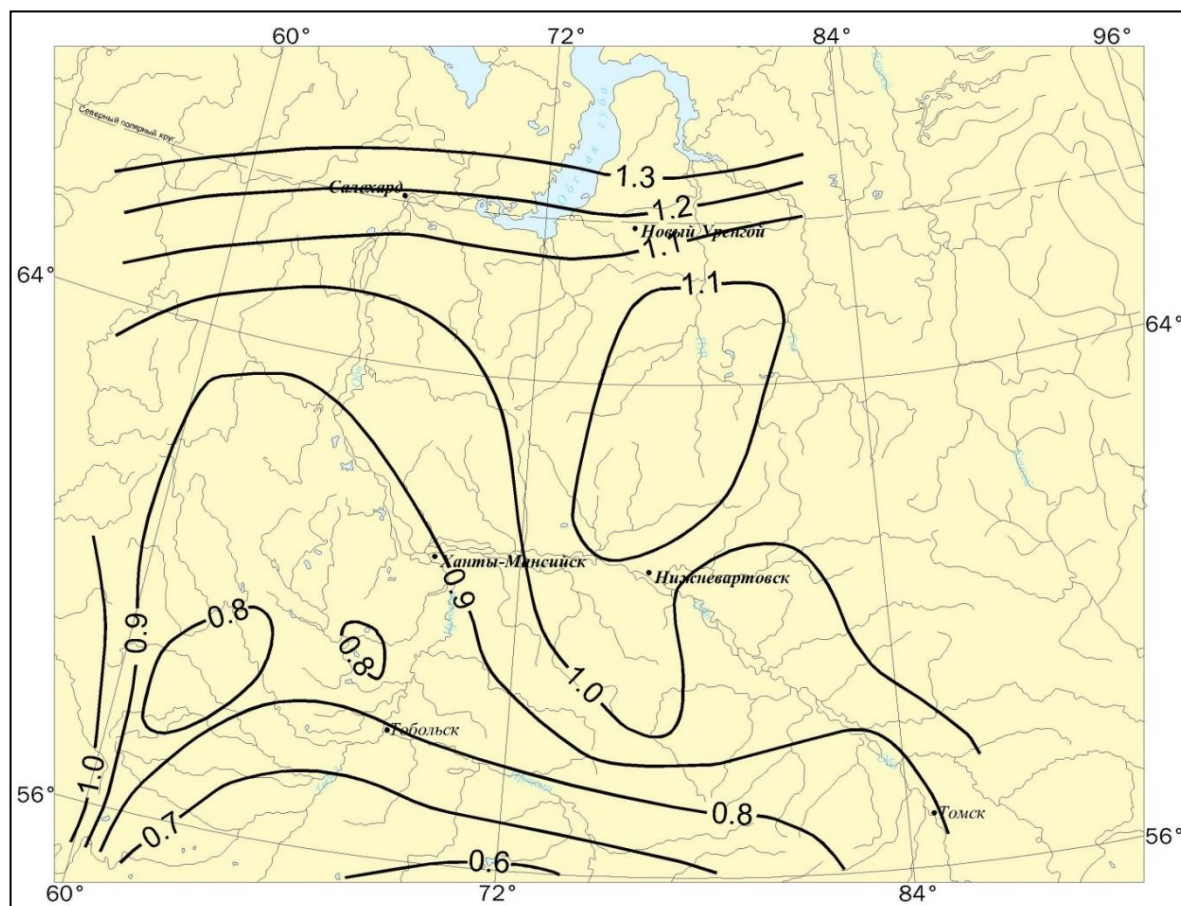


Рисунок 2.3 - Коэффициент увлажнения  $K_n$  в средний многолетний год

Величина и территориальное распределение  $K_n$  в границах исследуемой территории в средний год определяются зональными особенностями распределения ресурсов тепла и влаги (рис. 1.11). При этом в средний год максимально возможное суммарное испарение линейно убывает с юга на север, а ресурсы влаги, наоборот, - нелинейно возрастают с юга на север.

В результате значения коэффициента  $K_n$  на исследуемой территории, равно как и на территории Западной Сибири в целом, нелинейно возрастают с юга на север и достоверно аппроксимируются полиномом второй степени (рис. 2.4).

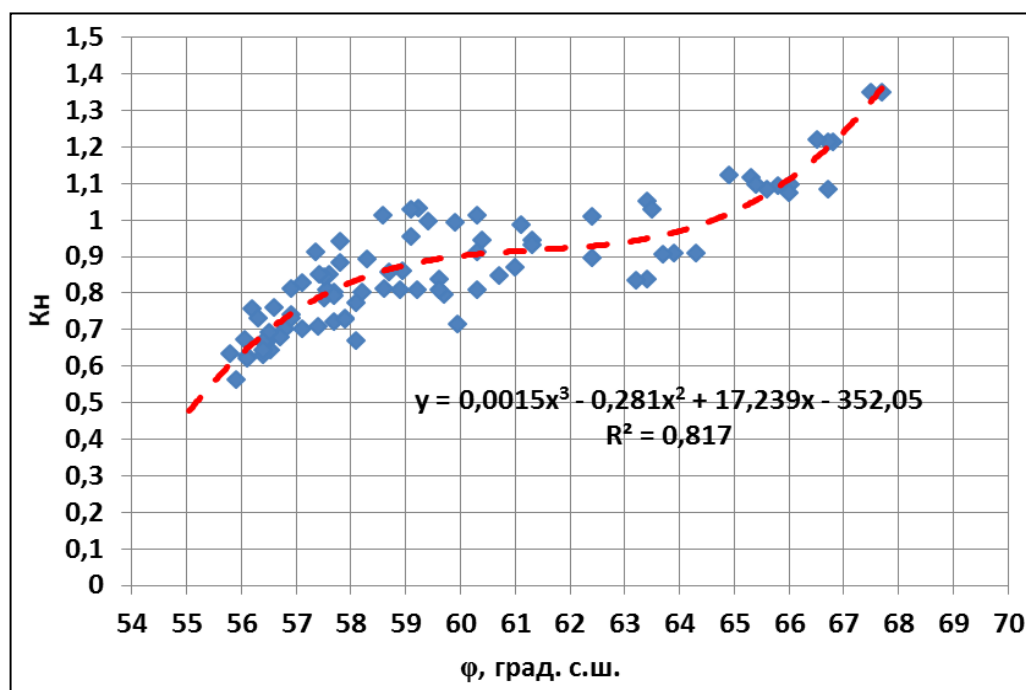


Рисунок 2.4 - График изменения коэффициента увлажнения  $K_n$  от географической широты

Можно заметить, что в диапазоне  $\varphi = 59 - 63^\circ$  с. ш. значения  $K_n$  мало зависят от широты места и колеблются от 0,8 до 1,0.

Оценка расходных элементов влаго- и теплооборота участка суши в условиях недостаточной воднобалансовой изученности исследуемой территории выполняется как на основе фактических данных о ресурсах влаги и тепла с учетом зональных (или а зональных) особенностей формирования годового стока, так и на основе совместного решения уравнений водного и теплового балансов [17].

Уравнение водного баланса участка суши для среднего года имеет вид:

$$KX = Z + Y = Z + Y_1 + Y_2 = F + Y_1, \text{ мм} \quad (2.18)$$

$$F = Z + Y_2, \text{ мм}, \quad (2.19)$$

где  $F$  - валовое увлажнение;

$Y_1$  - поверхностный сток;

$Y_2$  - подземный сток;

$Z$  - суммарное испарение.

Уравнение теплоэнергетического баланса для среднего года в соответствии с [17] записывается в виде:

$$LZ_k = LZ + E_{\text{эф}} + P + t, \text{ МДж/м}^2, \quad (2.20)$$

где  $Z_k$  - водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов климата;

$E_{\text{эф}}$  - эффективное излучение;

$P$  - турбулентный теплообмен;

$t$  - алгебраическая сумма затрат тепла на фазовые превращения почвенной влаги и таяние снежного покрова;

$L$  - скрытая теплота парообразования.

Относительные характеристики элементов водного баланса участка суши имеют вид:

- общего увлажнения  $\delta_H = KX/Z_k$ , испарения  $\delta_Z = Z/Z_k$ ,

- валового увлажнения  $\delta_f = \frac{F}{Z_k}$ , стока  $\delta_y = \frac{Y}{Z_k}$ ,

- коэффициент увлажнения (оптимальности увлажнения)  $K_n = KX/Z_m = KX/H_{\text{опт}}$ .

Система замкнутых уравнений связи водного и теплоэнергетического баланса для любого расчетного периода имеет вид:

$$\delta_Z = \delta_H [1 + e^{an} \delta_H^n]^{-\frac{1}{n}} \quad (2.21)$$

$$\delta_Z = \delta_f [1 + e^{am} \delta_f^m]^{-1/m} \quad (2.22)$$

$$\delta_f = [(\delta_H^{-n} + e^{an})^{m/n} - e^{am}]^{-\frac{1}{m}}, \quad (2.23)$$

в которой  $e$  – основание натуральных логарифмов;  $a$ - параметр, отражающий соотношение  $Z_m$  и  $Z_k$ ;  $n$  и  $m$  - параметры, характеризующие особенности формирования суммарного и подземного стока изучаемого участка суши.

Величина и территориальное распределение расходных элементов водного баланса определяется, главным образом, климатическим (зональным) звеном функционирования природных систем - это ресурсы тепла и влаги, а также их соотношение. Вместе с этим влияние строения земной поверхности, формирующее специфические (сугубо локальные) условия трансформации ресурсов влаги в речной сток, может быть достаточно существенным, что и

учитывается использованием в воднобалансовых расчетах переменных по территории параметров  $n$  и  $m$ .

Уравнения (2.21) – (2.23), таким образом, позволяют при оценке элементов влагооборота в полной мере учесть как зональные (прежде всего климатические), так и локальные (азональные) особенности преобразования ресурсов влаги и тепла земной поверхности.

В расчетах элементов влагооборота, соответствующих зональным условиям трансформации ресурсов тепла и влаги, используются измеренные на метеорологических станциях значения  $KX$  и значения  $Z_K$  и  $Z_m$ , рассчитанные по региональным уравнениям регрессии.

Значения параметров  $n$  и  $m$  определяются по уравнениям, отражающим *зональные* особенности формирования годовых значений суммарного испарения, суммарного и подземного стока на речных бассейнах Западной Сибири:

$$n = 7,4819 \cdot \exp(-1,387 \cdot K_H) \quad (2.24)$$

$$m/n = 1,5896 \cdot a + 0,5788 \quad (2.25)$$

$$a = \text{ABSln} \left( \frac{Z_m}{Z_K} \right) \quad (2.26)$$

В расчетах элементов влагооборота, соответствующих *азональным* (локальным) условиям трансформации ресурсов тепла и влаги исследуемого участка суши (речной бассейн, или его часть, ландшафт, урочище и т.п.), используются осредненные значения  $KX$  метеорологических станций, расположенных в пределах изучаемого участка суши (или значения  $KX$  метеостанции-аналога). Аналогично определяются и значения  $Z_K$  и  $Z_m$ .

В частности, для оценки радиационных характеристик и теплоэнергетических ресурсов климата и суммарного испарения ландшафтных провинций, оказалось целесообразным использование достоверных зависимостей:

$$Q = -76,28 \cdot \varphi + 8381,7, \text{ МДж/м}^2 \quad (2.27)$$

$$A = 1,0252 \cdot \varphi - 27,028, \% \quad (2.28)$$

$$B_K = -83,191 \cdot \varphi + 7511,3, \text{ МДж/м}^2 \quad (2.29)$$

$$LZ_m = -62,671 \cdot \varphi + 5277,1, \text{ МДж/м}^2 \quad (2.30)$$

$$LZ_k = -80,672 \cdot \varphi + 7610,8, \text{ МДж/м}^2 \quad (2.31)$$

$$Z_k = 0,398 \cdot LZ_k, \text{ мм} \quad (2.32)$$

$$Z_m = 0,398 \cdot LZ_m, \text{ мм}, \quad (2.33)$$

в которых  $\varphi$  - географическая широта центра тяжести площади провинции; остальные обозначения понятны из предыдущего.

Значения параметров  $n$  и  $m$  определяются по результатам анализа и расчетам, выполненным для речного бассейна, в пределах которого расположен исследуемый участок суши (ландшафтная провинция) с *азональными* условиями формирования элементов влагооборота.

Результаты расчетов элементов водного баланса для зональных условий их формирования представлены в Приложениях Е и Ж. Относительные величины элементов влагооборота обобщены в виде соответствующих карт изолиний (рис. 2.5 и 2.6).

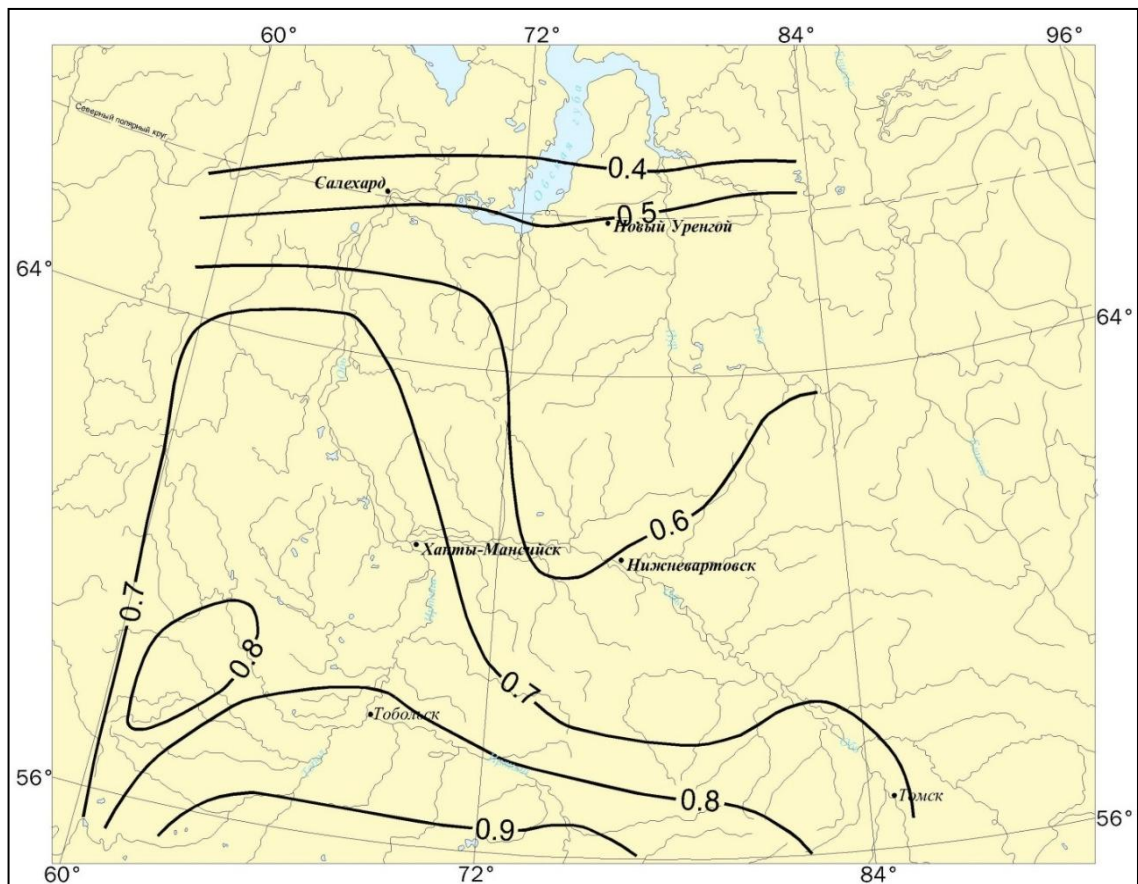


Рисунок 2.5 - Коэффициент испарения в средний год –  $\psi$



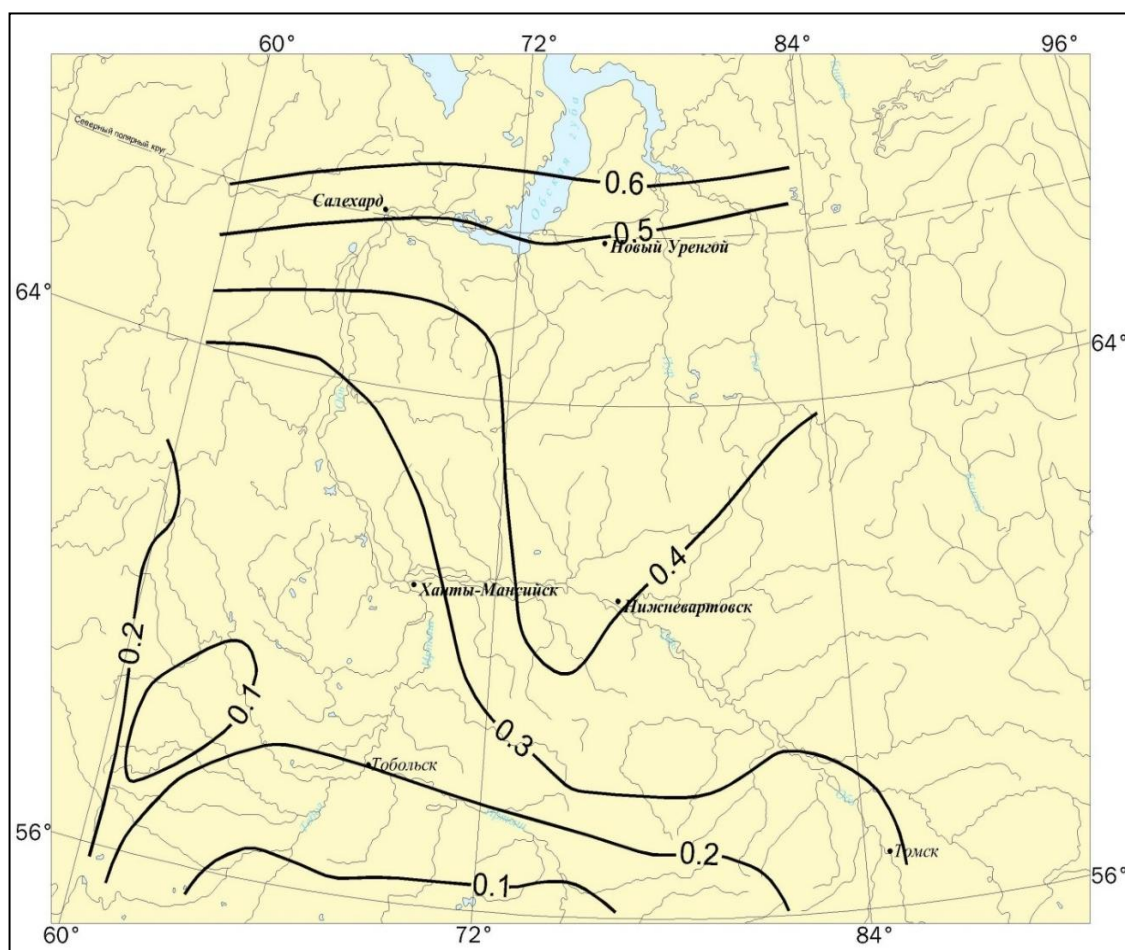


Рисунок 2.6 Коэффициент суммарного годового стока в средний год- η

Общий (зональный) характер изменения коэффициентов испарения и коэффициентов стока от географической широты (град с.ш.) представлен на рис. 2.7 и 2.8.

Таким образом, выполненные расчеты и анализ свидетельствуют о том, что в пределах рассматриваемой территории определяющим фактором формирования ресурсов тепла и влаги и их соотношения, а также структуры расходных элементов водного и теплового балансов является географическая широта местности. В совокупности это неизбежно способствует формированию широтной зональности потоков энергии и вещества, направления и интенсивности физико-географических процессов в ландшафтной сфере и, как следствие, формированию широтной дифференциации параметров и характеристик экологической устойчивости природных систем исследуемой территории.

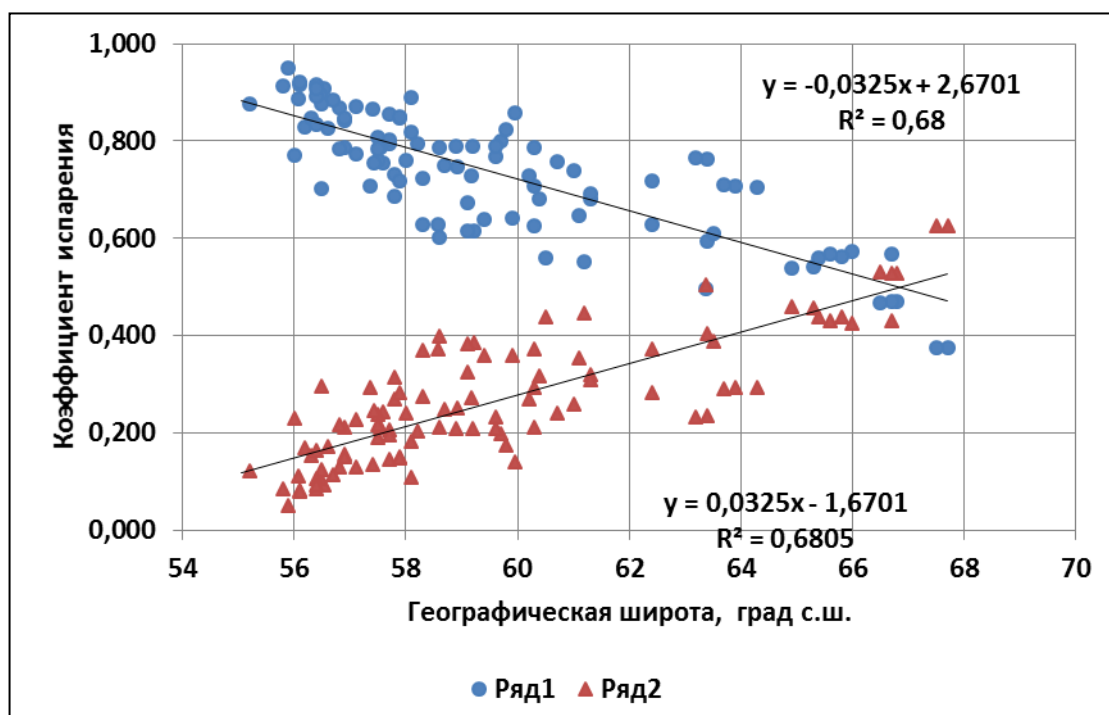


Рисунок 2.7 - Графики изменения коэффициентов испарения (ряд 1) и коэффициентов стока (ряд 2) от географической широты (град с.ш.)

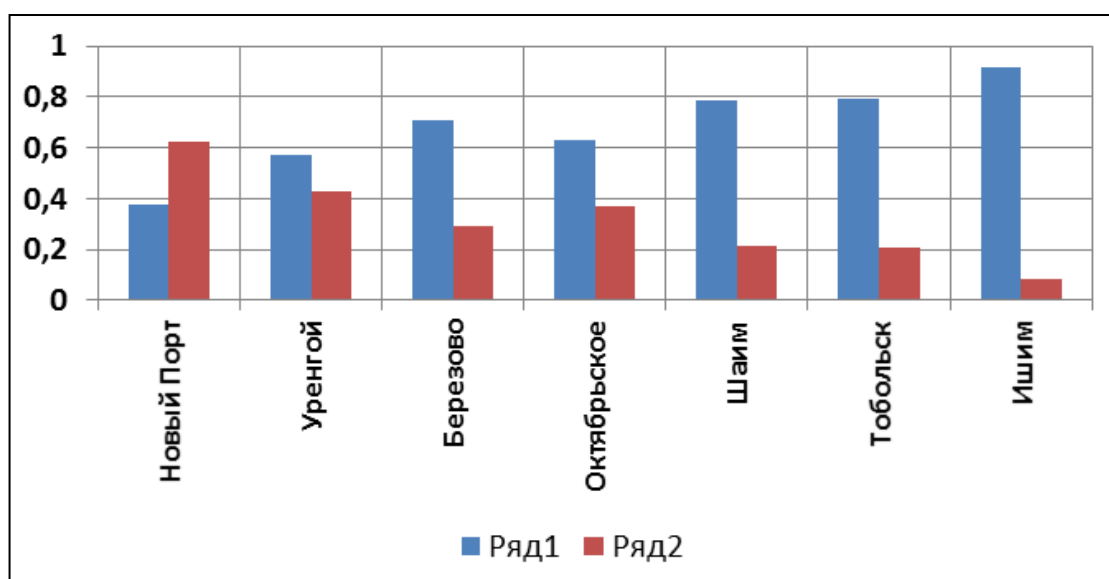


Рисунок 2.8 - Изменение структуры элементов влагооборота по широте в диапазоне  $\varphi = 66,7 - 56,1^\circ$  с.ш. (ряд 1 - коэффициент испарения; ряд 2 - коэффициент стока)

Расчеты удельного экологического потенциала и удельной экологической техноёмкости приземных слоев воздуха, ресурсов поверхностных вод и

фитоценозов выполнялись с учетом зональных и локальных особенностей их формирования.

Во всех случаях в зависимостях (2.6), (2.9) и (2.11), равно как и в расчетах удельной экологической техноемкости ( $t_1$ ,  $t_2$  и  $t_3$ ), используемые исходные данные и параметры должны в наибольшей степени отражать особенности формирования названных характеристик как на зональном, так и на локальном уровнях.

В расчетах  $e_1$  и  $t_1$  это связано с назначением соответственно величин  $v$ ,  $h$  и  $A_1$ . В расчетах  $e_2$  и  $t_2$  – значений  $Y$  и  $A_2$ , а в расчетах  $e_3$  и  $t_3$  – значений коэффициента увлажнения  $K_n$ , определяющего годовую продукцию  $P_v$  и запас фитомассы  $B$ , а также значения параметра  $A_3$  на зональном и локальном уровнях.

При этом определение значений  $t_i$  и соответствующих им значений  $T_i$  требует наличия фактических данных, в интегральном виде отражающих зональную (и локальную) структуру и массу загрязняющих веществ, поступающих в каждый из компонентов окружающей среды.

Для оценки коэффициента относительной опасности примесей  $A_i$  для каждой из  $i$ -х сред в результате преобразований выражения (2.16), можно найти общую зависимость, основанную на использовании исходной информации о фактической  $C_{iv}$  и принятой предельно допустимой  $ПДК_{iv}$  концентрации  $v$ -го загрязняющего вещества (мг/л или г/м<sup>3</sup>), поступающего в  $i$ -ю среду:

$$A_i = ПДК_{эт} \frac{\sum (C_{iv} / ПДК_{iv})}{\sum C_{iv}}, \quad (2.34)$$

$ПДК_{эт}$  – это нормативно предельная концентрация вещества, принятого как эталон для сравнения токсичности загрязняющих веществ, мг/л или г/м<sup>3</sup>.

Можно заметить, что значения  $A_i$ , рассчитанные по всей совокупности загрязняющих веществ, содержащихся в  $i$ -ой среде, являются ключевыми параметрами в оценке экологической техноемкости каждой из  $i$ -х сред. Более того, экологическая техноемкость, как нам представляется, является не только предельно допустимой величиной техногенной нагрузки, но и интегральным целевым показателем качества каждой из  $i$ -х сред в целом, выраженным в условных тоннах загрязняющего вещества.

Выполненные расчеты и анализ исходных данных о концентрации загрязняющих веществ по 18 гидрохимическим створам региона показали, что среднее значение параметра  $A_2 = 0,327$ , а  $ПДК_{ЭТ} = 0,07 \text{ г/м}^3$ .

Современный уровень изученности загрязнения компонентов окружающей среды на исследуемой территории не позволяет сделать достоверных выводов о пространственной дифференциации параметров  $A_i$  на данной территории. Вместе с этим, выполненные расчеты и исследования позволяют сделать вывод о том, что приводимые в п. 2.2 значения параметров  $A_i$  следует считать достоверными для расчетов удельной экологической техноемкости  $t_1$ ,  $t_2$  и  $t_3$ , а также и соответствующих им значений  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$ , что необходимо для исследования особенностей и закономерностей зональных условий их формирования на изучаемой территории.

В результате расчетов значений  $t_1$ ,  $t_2$  и  $t_3$  по 104 пунктам исследуемой территории (Приложение И) стало возможным обобщение полученных результатов в виде соответствующих карт изолиний (рис. 2.10 и 2.11) и дальнейшее исследование зональных особенностей пространственного распределения этих эколого-географических характеристик.

Годовые значения удельной экологической техноемкости приземных слоев атмосферы  $t_1$  определяются исключительно величиной годовой скорости ветра  $V$  (м/с) и потому особенности территориального распределения  $t_1$  и  $V$  в основном совпадают.

Анализ территориального распределения средних годовых скоростей ветра показал, что на юге территории ( $56^\circ \text{с.ш.}$ ) средняя скорость  $V = 4,04 \text{ м/с}$ , уменьшается до  $V = 2,80 \text{ м/с}$  ( $60,9^\circ \text{с.ш.}$ ) и возрастает до  $V = 5,46 \text{ м/с}$  на севере ( $68^\circ \text{с.ш.}$ ).

Графики изменения удельной экологической техноемкости приземных слоев атмосферы  $t_1$  и годовой скорости ветра  $V$  (м/с) с севера на юг представлены на рис. 2.9.

В зоне минимальных значений удельной экологической техноемкости приземных слоев атмосферы ( $59^{\circ}$  -  $62^{\circ}$  с.ш.,  $t_1 = 613-630$  усл.т/км<sup>2</sup>) находится большая часть Среднего Приобья с основными месторождениями нефти региона и городами Ханты-Мансийск, Сургут, Нефтеюганск, Нижневартовск и т.д. Заметим, что названная зона минимальных значений  $t_1$  одновременно является и зоной максимальных ограничений выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на всех стадиях освоения нефтяных месторождений региона, обеспечения экологически безопасной среды обитания, в том числе и селитебных территорий.

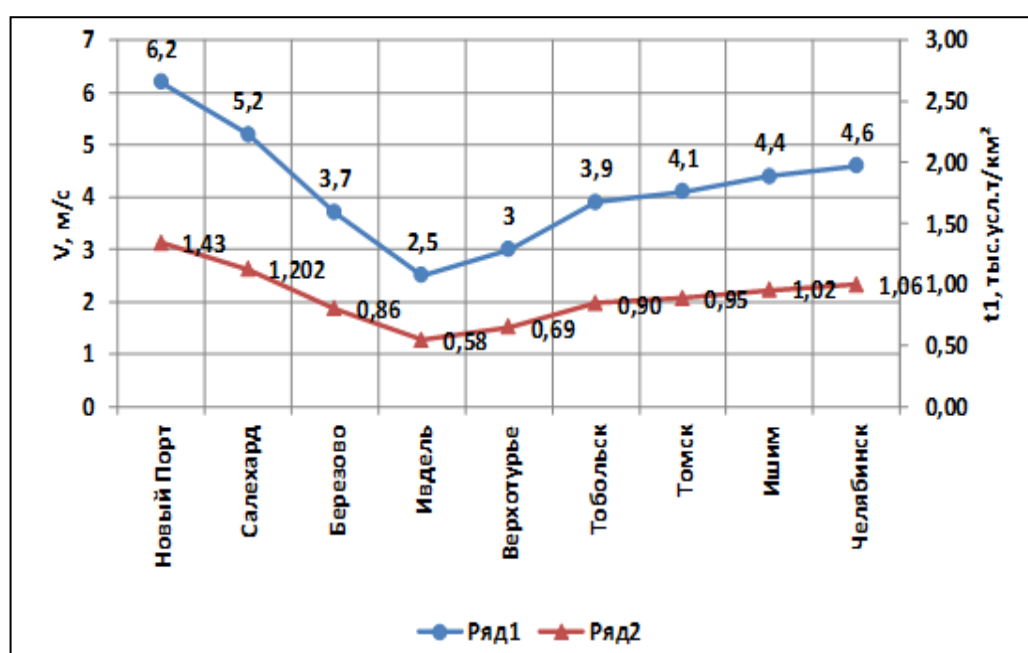


Рисунок 2.9 - Графики изменения годовых значений скорости ветра V (ряд. 1) и удельной экологической техноемкости приземных слоев атмосферы  $t_1$  (ряд 2)

Территориальное распределение значений удельной экологической техноемкости  $t_2$  и  $t_3$  (рис. 2.10 и 2.11) определяется, главным образом, климатическим (зональным) звеном функционирования природных систем, то есть ресурсами тепла и влаги, а также их соотношением. И, кроме того, специфическими (локальными) условиями трансформации ресурсов влаги в речной сток.



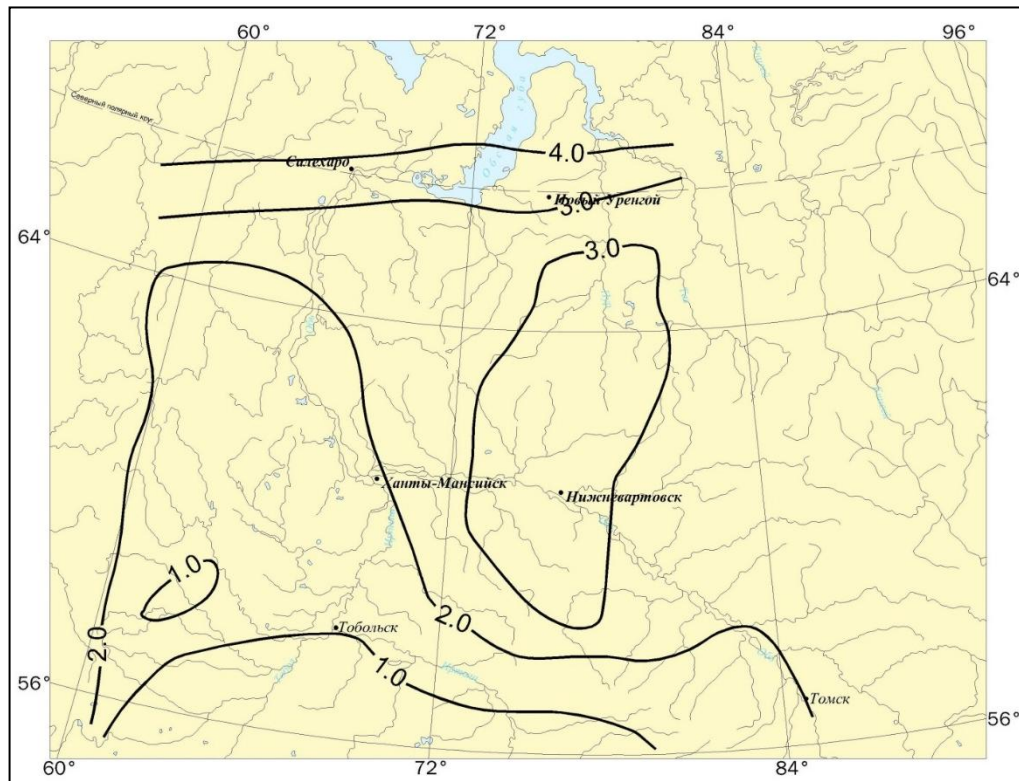


Рисунок 2.10 - Карта изолиний  $t_2$  - удельной экологической  
техноёмкости ресурсов поверхностных вод

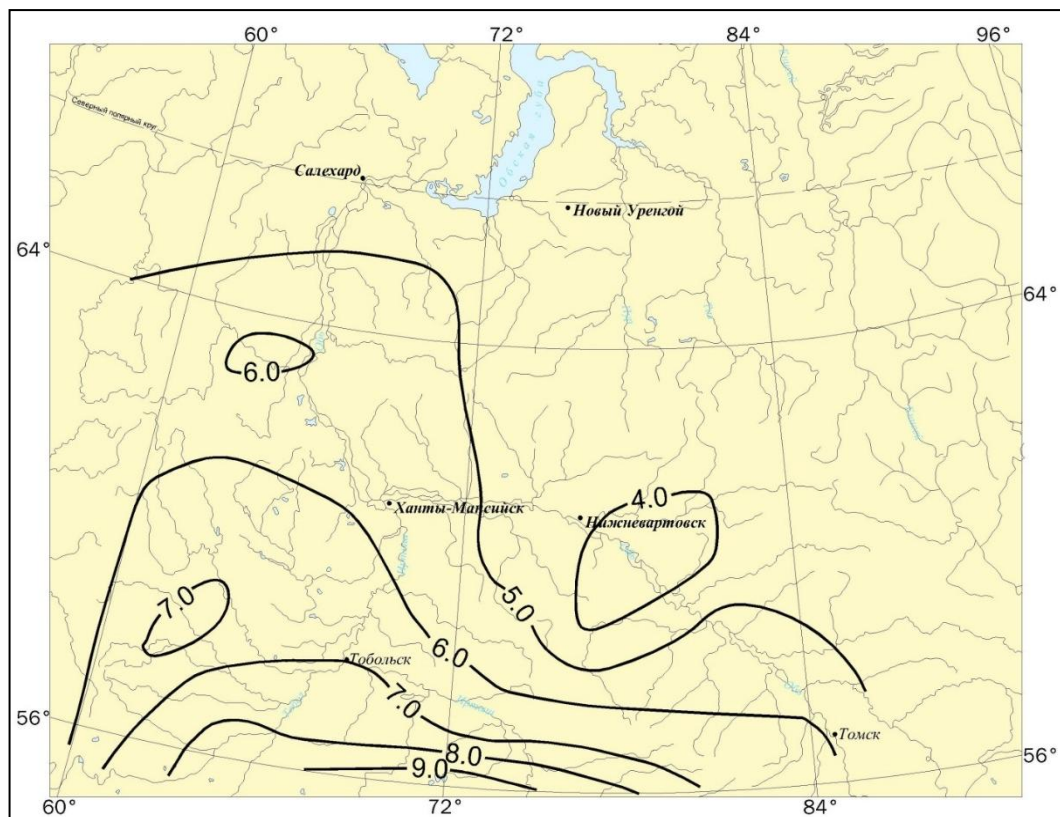


Рисунок 2.11 - Карта изолиний  $t_3$  - удельной экологической  
техноёмкости фитоценозов

Значения  $t_2$  – удельной экологической техноемкости ресурсов поверхностных вод устойчиво возрастают с юга на север осредненно от 1,0 до 3,6 усл.т/км<sup>2</sup>. При этом в связи с разными ресурсами влаги и условиями их трансформации в речной сток амплитуда колебаний  $t_2$  на одной и той же географической широте может составлять от 1,0 до 2,4 усл.т/км<sup>2</sup>.

Величина и территориальное распределение удельной экологической техноемкости фитоценозов  $t_3$  являются непосредственным следствием уровня увлажнения деятельной поверхности, численно описываемого такими сопряженными характеристиками, как соотношение ресурсов влаги и тепла  $\delta_H = H/Z_k$ , коэффициент увлажнения  $K_H = H/N_{орт}$  и относительная влажность (в долях наименьшей  $W_{нв}$  или полной  $W_{пв}$  влагоемкости) деятельного слоя почвы  $V = W/W_{нв}$  (или  $V = W/W_{пв}$ ).

Значения  $K_H$  и относительной влажности почвы ( $V = W/W_{нв}$ ) закономерно уменьшаются с севера на юг (рис. 2.12). В соответствии с этим изменяются значения годичной продукции, запаса и кратности обновления фитомассы.

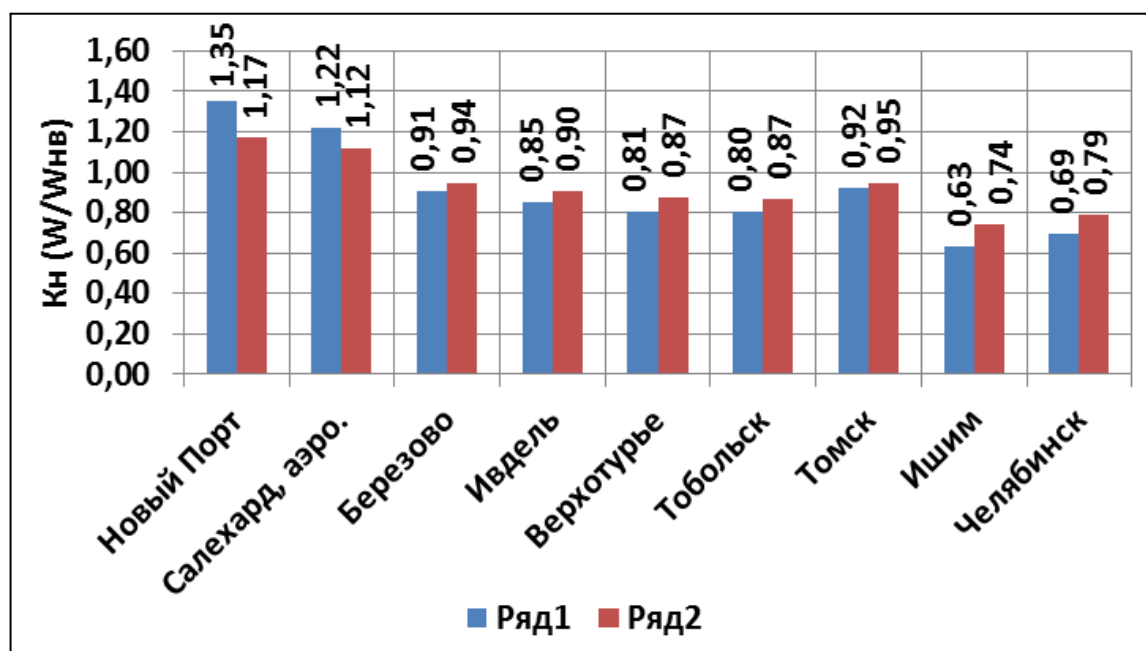


Рисунок 2.12 Значения коэффициентов увлажнения (ряд 1)  
и относительной влажности почвенного покрова (ряд 2)

В совокупности названные величины способствуют закономерному возрастанию удельной экологической техноёмкости фитоценозов от 4,5 на севере до 9,0 усл. т/км<sup>2</sup> на юге изучаемой территории (рис.2.13).

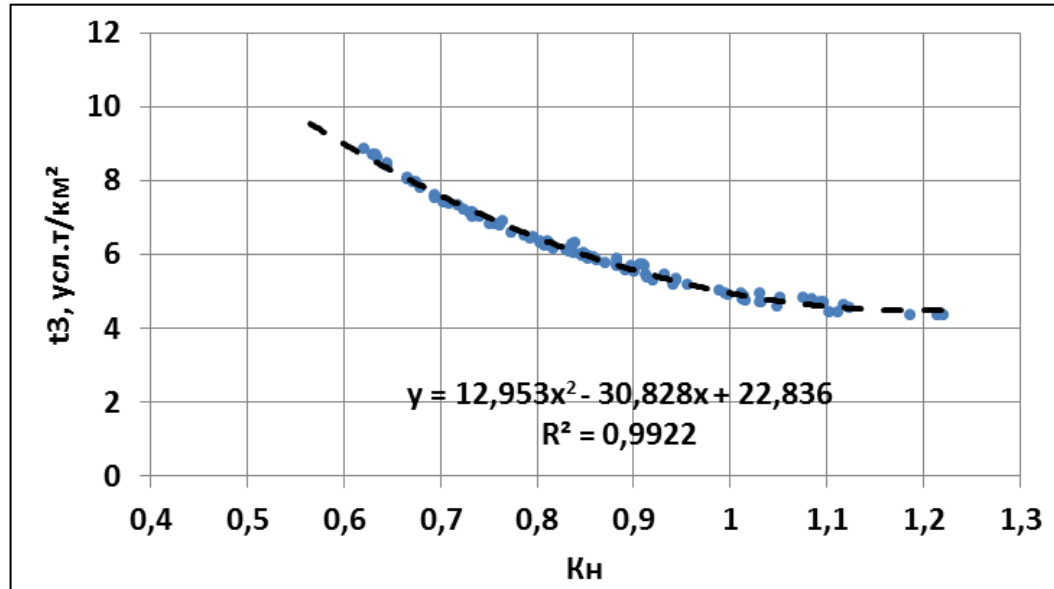


Рисунок 2.13 – Динамика удельной экологической техноёмкости фитоценозов

Оптимальному увлажнению и теплообеспеченности ( $K_n=1,0$  и  $W/W_{нв}=1,0$ ) соответствует значение  $t_3 = 4,97$  усл.т/км<sup>2</sup>.

## 2.4 Оценка устойчивости экосистем

Под устойчивостью экологической системы принято понимать присущее ей свойство сохранять стабильность в своём развитии. Эта способность экосистемы выдерживать изменения, приходящие из внешней среды, основывается на том, что сила внутренних взаимодействий элементов системы больше силы воздействия внешних факторов, как природных, так и антропогенных.

Такая способность экосистемы к устойчивости закладывается во многом генетически, то есть морфологическая структура ландшафта, сформированная условиями увлажнения и теплообеспеченности на преимущественно равнинных территориях Западно-Сибирского Севера, определяет её «резистентность». Это



проявляется, как в способности экосистемы сопротивляться нарушениям, поддерживая неизменными свою структуру и функцию, так и в способности восстанавливаться после того, как её структура и функция были нарушены.

Другими словами, резистентность экосистемы проявляется в её равновесии, живучести и безопасности для жизнедеятельности.

Обеспечение устойчивости экосистем требует соблюдения неравенства

$$M \leq T, \quad (2.34)$$

в котором  $M = \sum M_i$ ,  $T = \sum T_i$  – соответственно фактическая суммарная техногенная нагрузка (эмиссия загрязняющих веществ) и экологическая техноёмкость компонентов экосистемы (атмосфера, вода, почва), усл.т/год ( $i=1, 2, 3$ );

Очевидно, что равенство  $K_M = 1,0$  (где  $K_M$  - это коэффициент устойчивости экосистемы к изъятию и «поражению» природных ресурсов) соответствует состоянию предельного и потому неустойчивого равновесия экосистемы, когда любые даже незначительные отклонения частей неравенства (2.34) в большую (или меньшую) сторону однозначно выведут систему из состояния предельного равновесия с нарушением ее структурных и функциональных свойств. Именно поэтому на современном уровне познания закономерностей развития экосистем и представлениях о пороговых эффектах воздействия, в практических оценках предельно допустимое значение  $K_M$ , при котором обеспечиваются такие свойства экосистем как устойчивость, равновесие, живучесть и безопасность, должны приниматься заведомо ниже единицы.

С формальных позиций каждый компонент этой системы в отдельности должен быть устойчивым, если соблюдены неравенства  $K_{1M} \leq 1$ ,  $K_{2M} \leq 1$  и  $K_{3M} \leq 1$ . Известно, что природные экосистемы в своем большинстве имеют вероятностный или квазидетерминированный характер и, кроме того процессы, происходящие в разных природных сферах экосистемы (атмосфера, вода, фитоценозы), можно считать взаимно независимыми.

Вероятность того, что указанные события произойдут одновременно, будет равна  $p(K_M) = p(K_{1M}) \cdot p(K_{2M}) \cdot p(K_{3M})$  или

$$K_M = K_{1M} \cdot K_{2M} \cdot K_{3M} \quad (2.35)$$

Таким образом, предельно допустимое значение сводного коэффициента устойчивости экосистемы  $K_M$  представляет собой произведение коэффициентов устойчивости ее компонентов.

Полагая одинаковой вероятности появления малых и больших значений  $0 < K_{im} < 1$ , можно определить, что устойчивость экосистемы в целом будет обеспечена при  $K_M \leq 0,30$ , и каждом из значений  $K_{im} \leq 0,7$ .

При значении  $K_{im} \geq 0,8$ , что соответствует нагрузке на каждый элемент экосистемы, равной 80% её предельной техноемкости,  $K_M \geq 0,512$ . Таким образом, состояние экосистемы при значениях  $K_M = 0,30 \dots 0,512$  можно считать критическим. И, наконец, при значении  $K_M \geq 0,512$  – система становится неустойчивой. Значения  $K_M > 1,0$  свидетельствуют о деградации экосистемы в целом или ее отдельных компонентов.

Следовательно, для оценки экологической устойчивости каждого из компонентов природной среды (атмосфера, природные воды, фитоценозы) требуются фактические данные о величинах эмиссии загрязняющих веществ (или изъятия компонента среды) –  $M_i$  и их сравнение с рассчитанными значениями экологической техноемкости –  $T_i$ .

### **3 ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОСИСТЕМ ЛАНДШАФТНЫХ ПРОВИНЦИЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО СЕВЕРА**

Оценка современной организации ландшафтных провинций исследуемой территории выполнена с использованием комплекса характеристик увлажнения и теплообеспеченности земной поверхности; значений приходных и расходных элементов влагооборота.

В совокупности перечисленный комплекс характеристик позволяет достоверно исследовать закономерности преобразования потоков энергии и вещества в ландшафтной сфере, интенсивность и направление которых формирует современную организацию и экологическую устойчивость геосистем.

Численные значения названного комплекса характеристик ландшафтных провинций определялись по методикам, изложенным в главе 2 с максимально возможным учетом (при современной гидрометеорологической и иной изученности территории) зональных и азональных факторов, определяющих величину и пространственно-временную изменчивость названного комплекса характеристик в пределах конкретной ландшафтной провинции.

Количество, наименование и границы ландшафтных провинций приняты в соответствии с работой [37]. В границах исследуемой территории авторы выделяют три зональные области (тайга, лесотундра и тундра) с 50-ю ландшафтными провинциями (Приложение К).

#### **3.1 Условия увлажнения и теплообеспеченности земной поверхности ландшафтных провинций**

В соответствии с принятой методикой исследований оценка условий увлажнения и теплообеспеченности ландшафтных провинций выполнена как с использованием средних многолетних данных непосредственных наблюдений

(атмосферные осадки  $KX$ , радиационные характеристики  $Q$ ,  $B_k$  и  $R$ ), так и расчетных гидролого-климатических характеристик - теплоэнергетические ресурсы климата и их водный эквивалент ( $LZ_k$  и  $Z_k$ ), теплоэнергетические ресурсы суммарного испарения и их водный эквивалент ( $LZ_m$  и  $Z_m$ ), соотношение ресурсов влаги и тепла  $\delta_n = KX/Z_k$ , коэффициент увлажнения  $K_n = KX/Z_m$ , а также влажность деятельного слоя почвы  $W_v$  долях полной  $W_{пв}$  и наименьшей  $W_{нв}$  влагоемкости.

Полнота оценки перечисленных характеристик для каждой ландшафтной провинции тесным образом связана с гидрометеорологической изученностью провинций, которая на исследуемой территории неодинакова и минимальна в зональных областях тундры и лесотундры (рис. 3.1).

Атмосферные осадки, как известно, являются основным элементом климата, формирующим ресурсы влаги земной поверхности. Величина и особенности территориального распределения атмосферных осадков за любой интервал времени на исследуемой территории тесно связаны с крупномасштабными факторами их образования – направленностью и интенсивностью циркуляции, и влагосодержанием воздушных масс, а также с разнообразием форм рельефа региона.

Следствием совместного влияния крупномасштабных и а зональных факторов на формирование годовых сумм атмосферных осадков является возрастание сумм осадков (рис. 1.6) с широтой местности.

Наличие максимума годовых сумм осадков в диапазоне  $61,5^\circ \dots 62,5^\circ$  северной широты достоверно подтверждается также и анализом территориального распределения средних значений названных сумм осадков за 1961 – 1990 гг. и 1966 – 2012 гг.

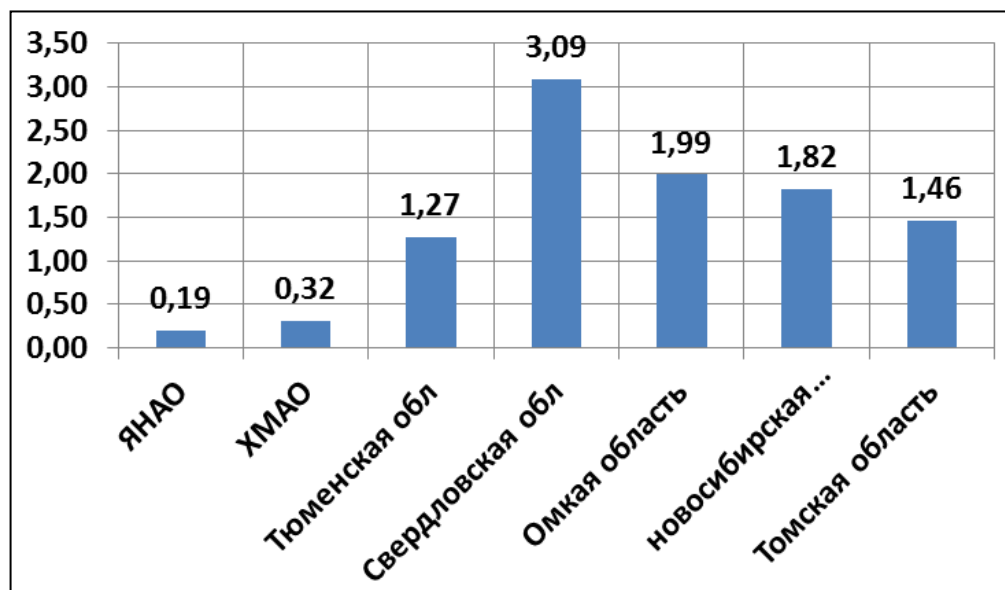


Рисунок 3.1 - Количество метеорологических станций на 10 тыс. км<sup>2</sup>  
в разрезе субъектов федерации региона

Исследование временных рядов годовых сумм атмосферных осадков КХ выполнялось с использованием ежегодных данных за 1966-2012 гг. При этом рассчитывались средние значения осадков за указанный период  $KX_0$ ; модульные коэффициенты  $K_i = KX_i / KX_0$  ( $KX_i$  – ежегодные значения осадков); отклонения от среднего ( $K_i - 1$ ) и ординаты сокращенных суммарных кривых –  $ССК = \sum (K_i - 1)$ . Такие расчеты были выполнены по 104 метеорологическим станциям региона. Хронологические графики относительных отклонений годовых сумм осадков от средних за 1966-2012 гг., и сокращенные суммарные кривые годовых сумм осадков с севера на юг для срединной меридиональной части исследуемой территории, представлены на рис. 3.2 – 3.5.

Анализ хронологических графиков показал, что продолжительность и чередование влажных и сухих периодов лет в рассмотренных пунктах, охватывающих все природные зоны, не остается одинаковым и исключительно разнообразно. В частности, продолжительность влажных периодов может составлять до 25 лет, а сухих до 35 лет. В частности, в 1966- 1989 гг. провинции лесотундры были преимущественно избыточно увлажненными. Одновременно с этим в большей части периодов лет 1966 - 2000 гг. годовые суммы осадков провинций северной тайги были ниже климатической нормы.

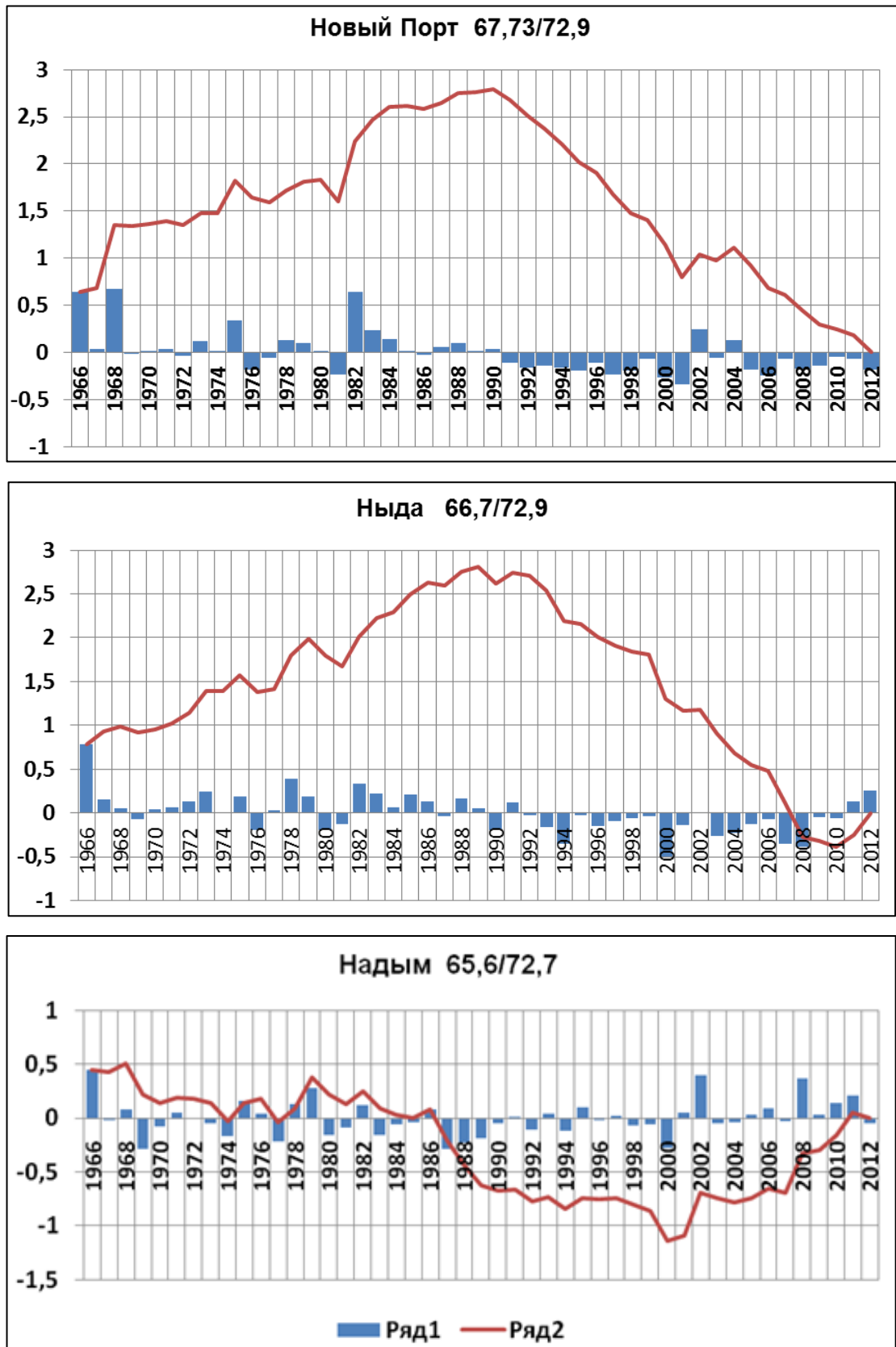


Рисунок 3.2 - Хронологический график относительных отклонений годовых сумм от средних за 1966-2012 гг., (ряд 1) и сокращенные суммарные кривые (ряд.2) годовых сумм осадков

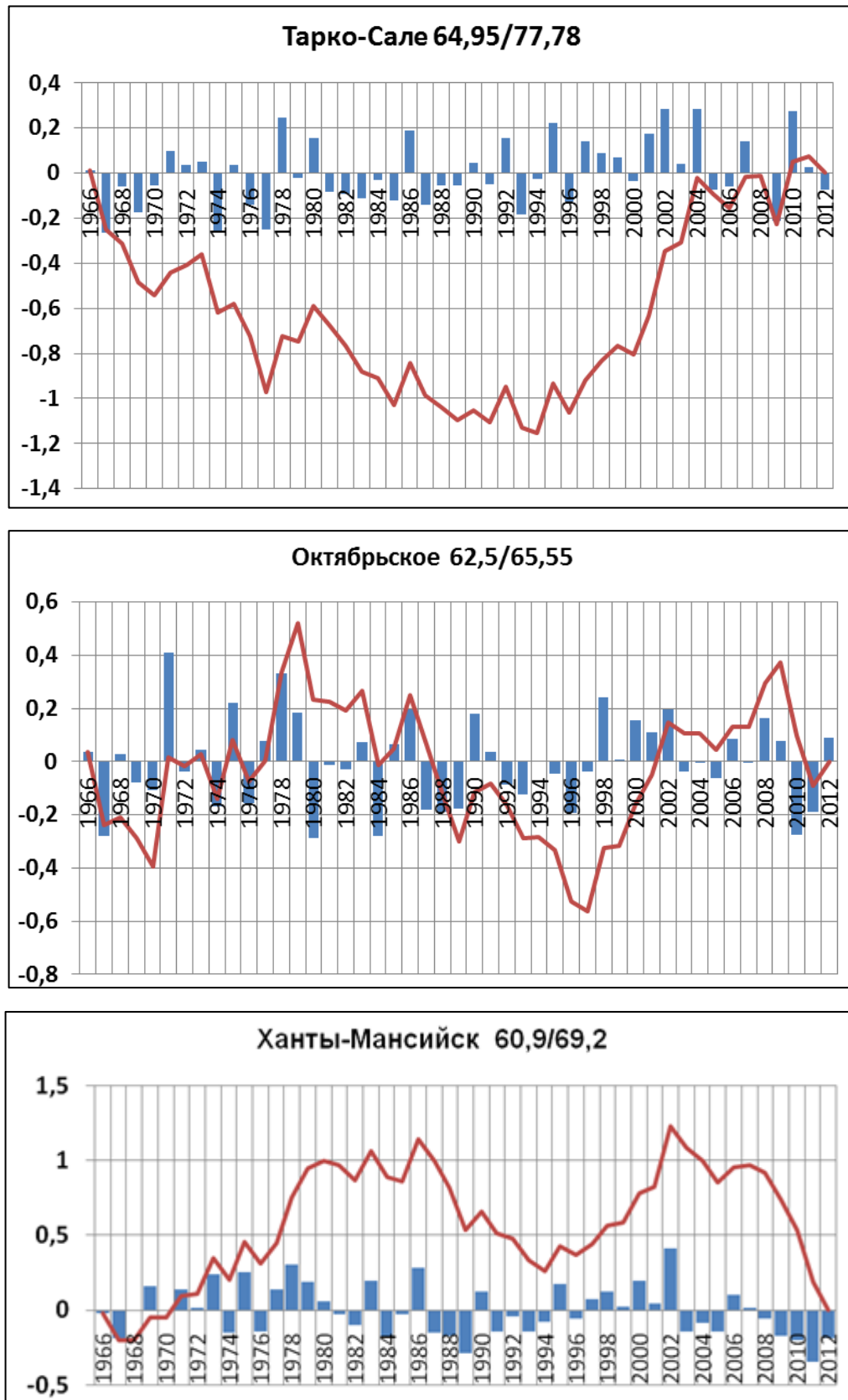


Рисунок 3.3 - Хронологический график относительных отклонений годовых сумм от средних за 1966-2012 гг., (ряд 1) и сокращенные суммарные кривые (ряд 2) годовых сумм осадков.

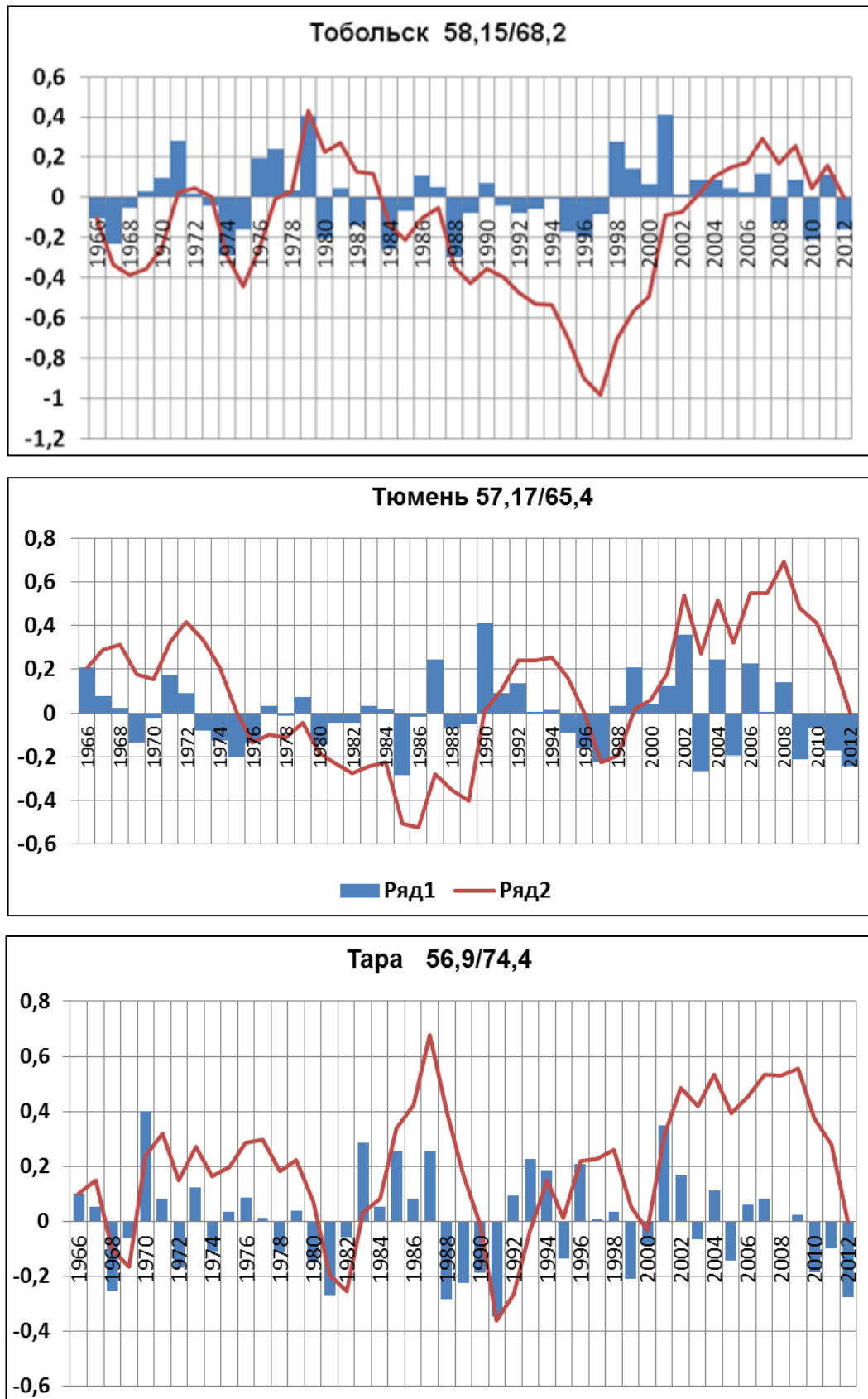


Рисунок 3.4 - Хронологический график относительных отклонений годовых сумм от средних за 1966-2012 гг., (ряд 1) и сокращенные суммарные кривые (ряд 2) годовых сумм осадков.



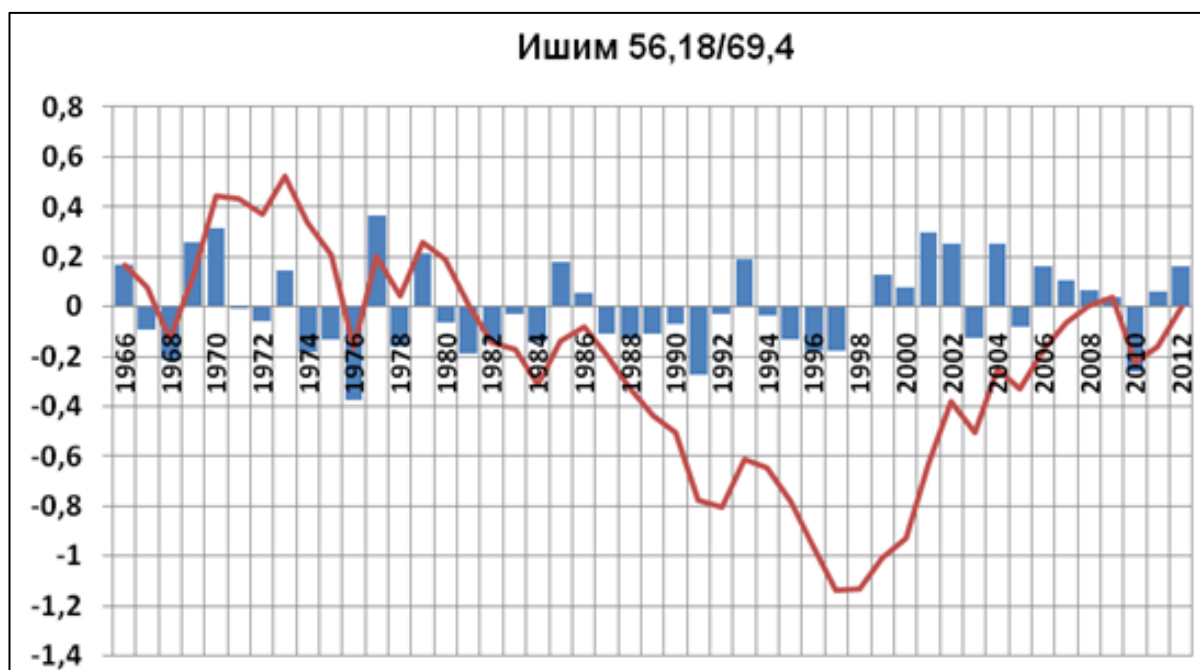


Рисунок 3.5 Хронологический график относительных отклонений годовых сумм от средних за 1966-2012 гг., (ряд 1) и сокращенные суммарные кривые (ряд 2) годовых сумм осадков.

Можно также заметить (рис.3.2 - 3.5, табл. 3.1), что в 2010-2012 гг. на большей части исследуемой территории – в тундре (Новый Порт), южных провинциях северной, а также провинциях средней и южной тайги и в провинции зоны мелколиственных лесов – количество атмосферных осадков было ниже нормы.

Выполненное сравнение средних значений годовых сумм осадков за 1966 - 2012 гг. с величинами, обычно принимаемыми в оценках тенденций изменения климата за норму (средние за 1961 - 90 гг.) показало, что их отличие в среднем составляет 2,14%. Это обстоятельство позволяет без больших ограничений рассматривать приводимые на рис. 3.2 – 3.5 хронологические графики и ССК в качестве временных трендов годовых сумм осадков относительно их климатической нормы.

Таблица 3.1 - Календарные годы и продолжительность влажных и засушливых периодов годовых сумм атмосферных осадков за 1966 – 2012 годы

Метеостанция /Пункт	Влажный период		Засушливый период	
	годы	Продолжи- тельность, лет	годы	Продолжи- тельность, лет
12	3	4	5	6
Новый Порт	1966-90	25(2)	1991-2012	22(2)
Ныда	1966-1989 2011-12	24(5) 2	1990-2010	21
Надым	2001-12	12(4)	1966-2000	35( 9)
Тарко-Сале	1995-2012	18(5)	1966-94	29(9)
Октябрьское	1971-79	9(3)	1966-70	5
	1998-2009	12(2)	1980-97	18(2)
			2010-12	3(1)
Х-Мансийск	1969-86	18(6)	1966-68	3
	1995-2002	8(1)	1987-94	8(1)
			2003-2012	10(1)
Тобольск	1969-72	4	1966-68	3
	1976-79	4	1973-75	3
	1998-2007	10	1980-97	18(4)
			2008-12	5(2)
Тюмень	1966-72	7(2)	1973-86	14(4)
	1987- 94	8(2)	1995-97	3
	1998-2008	11(2)	2009-2012	4
Тара	1970-71	2	1966-69	4(1)
	1983 -87	5	1972-82	11(5)
	1992-2009	18(5)	1988-91	4
			2010-12	3
Ишим	1969-73	5(1)	1966-68	3
	1998-2012	15(3)	1974-97	24(5)
Омск	1978-87	10(4)	1966-77	12(2)
	2000-2009	10(2)	88-99	12(2)
			2010, 2012	3(1)

Примечание. Цифры в скобках в графах 4 и 6 указывают соответственно на число сухих и влажных лет в периоде.

Результаты выполненных исследований временной изменчивости годовых сумм атмосферных осадков кроме самостоятельного значения также имеют наибольшее прикладное значение для ретроспективных и прогностических исследований ресурсов влаги.

Годовые суммы атмосферных осадков исследуемой территории, как уже отмечалось, являются как следствием совместного влияния крупномасштабных, так и а зональных факторов. Именно в связи с этими годовые суммы атмосферных

осадков ландшафтных провинций возрастают с широтой местности, достигая максимума (по данным метеостанций) в диапазоне  $61,5^{\circ} - 62,5^{\circ}$  северной широты.

Анализ временных рядов годовых сумм осадков за 1966 – 2012 гг. по 32 метеостанциям региона показал, что коэффициент вариации годовых сумм  $(Cv)_{KX}$  изменяется с севера на юг от 0,143 до 0,222, и хорошо согласуются с значениями  $(Cv)_{KX}$ , приводимыми в Научно-прикладных справочниках. Для оценок значений  $(Cv)_{KX}$  неизученных районов Западной Сибири может использоваться уравнение:

$$(Cv)_{KX} = 0,28 - 0,0223(KX/100), \quad (3.1)$$

где  $KX$  – норма годовых сумм осадков, мм.

Анализ данных НПС по климату позволил принять соотношение коэффициентов асимметрии  $(Cs)_{KX}$  и вариации  $(Cv)_{KX}$  годовых сумм атмосферных осадков равным 2,0.

Представляется полезным с практической и познавательной точек зрения определение годовых сумм атмосферных осадков ландшафтных провинций в годы, повторяемостью один раз в 20 (5 и 95%) лет и один раз в 5 (20 и 80%) лет. (Приложение Л).

Гистограммы, приведённые на рис. 3.6 – 3.7, дают достоверное представление об амплитуде колебаний атмосферных осадков во времени на исследуемой территории. Кроме того, приводимые на рис. 3.8 – 3.9 картограммы атмосферных осадков  $KX_{5\%}$  и  $KX_{95\%}$  отражают особенности территориального распределения ресурсов атмосферной влаги в засушливый (95%) и влажный (5%) годы повторяемостью один раз в 20 лет.

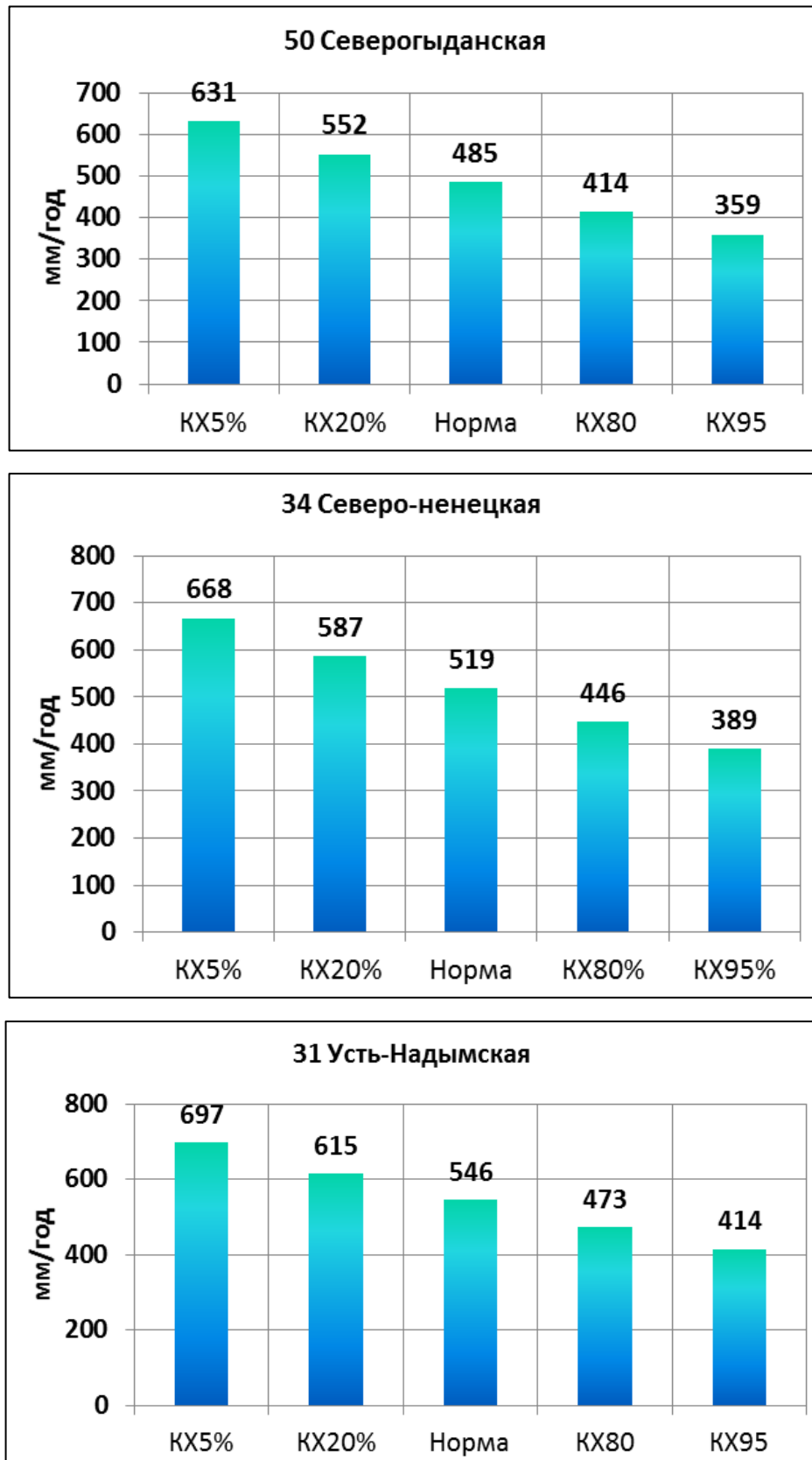


Рисунок 3.6 - Годовые суммы атмосферных осадков ландшафтных провинций тундры и лесотундры в средний (норма) и в обеспеченные годы

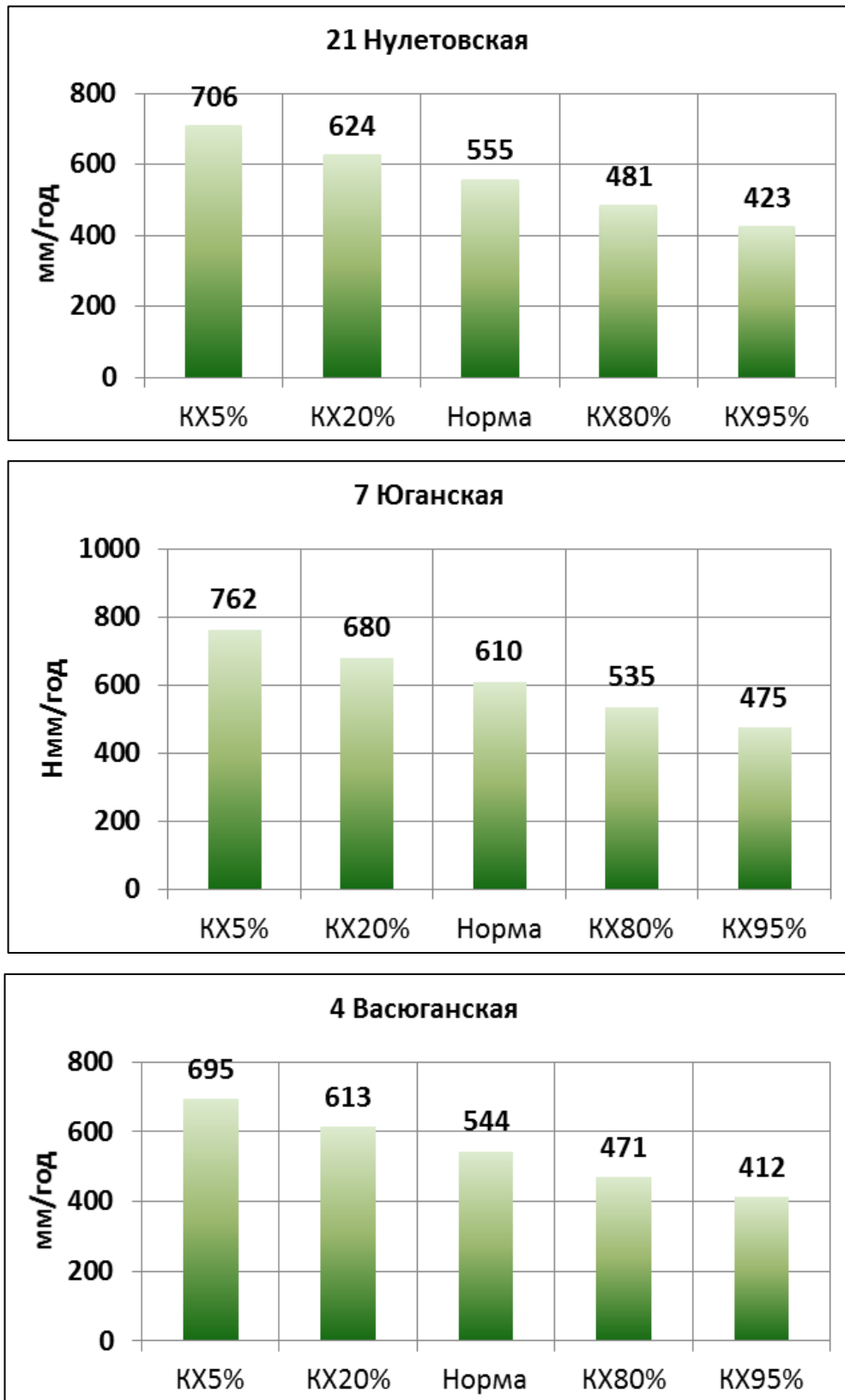


Рисунок 3.7 - Годовые суммы атмосферных осадков ландшафтных провинций тайги в средний (норма) и в обеспеченные годы

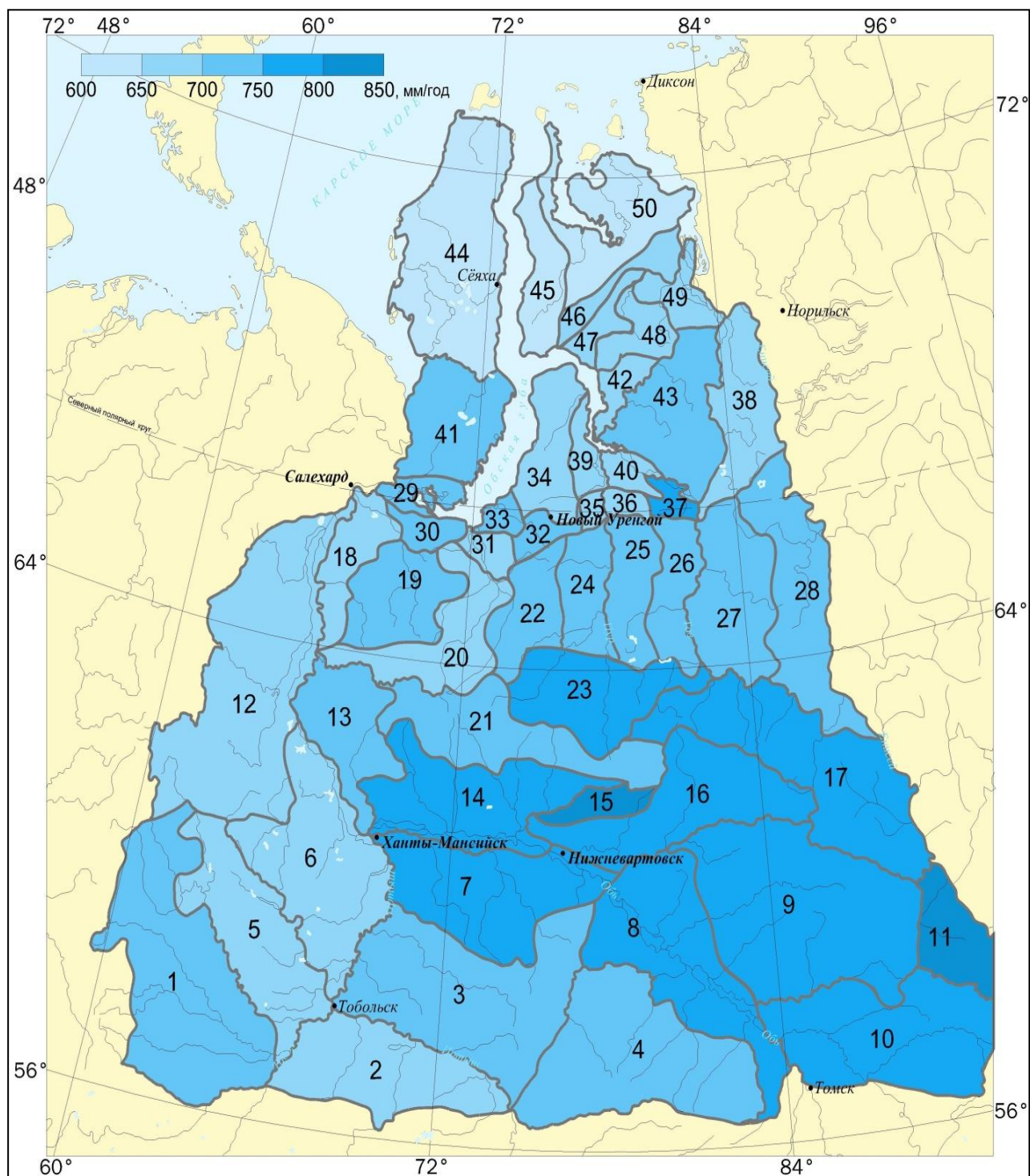


Рисунок 3.8 – Картограмма атмосферных осадков (KX<sub>5%</sub>)



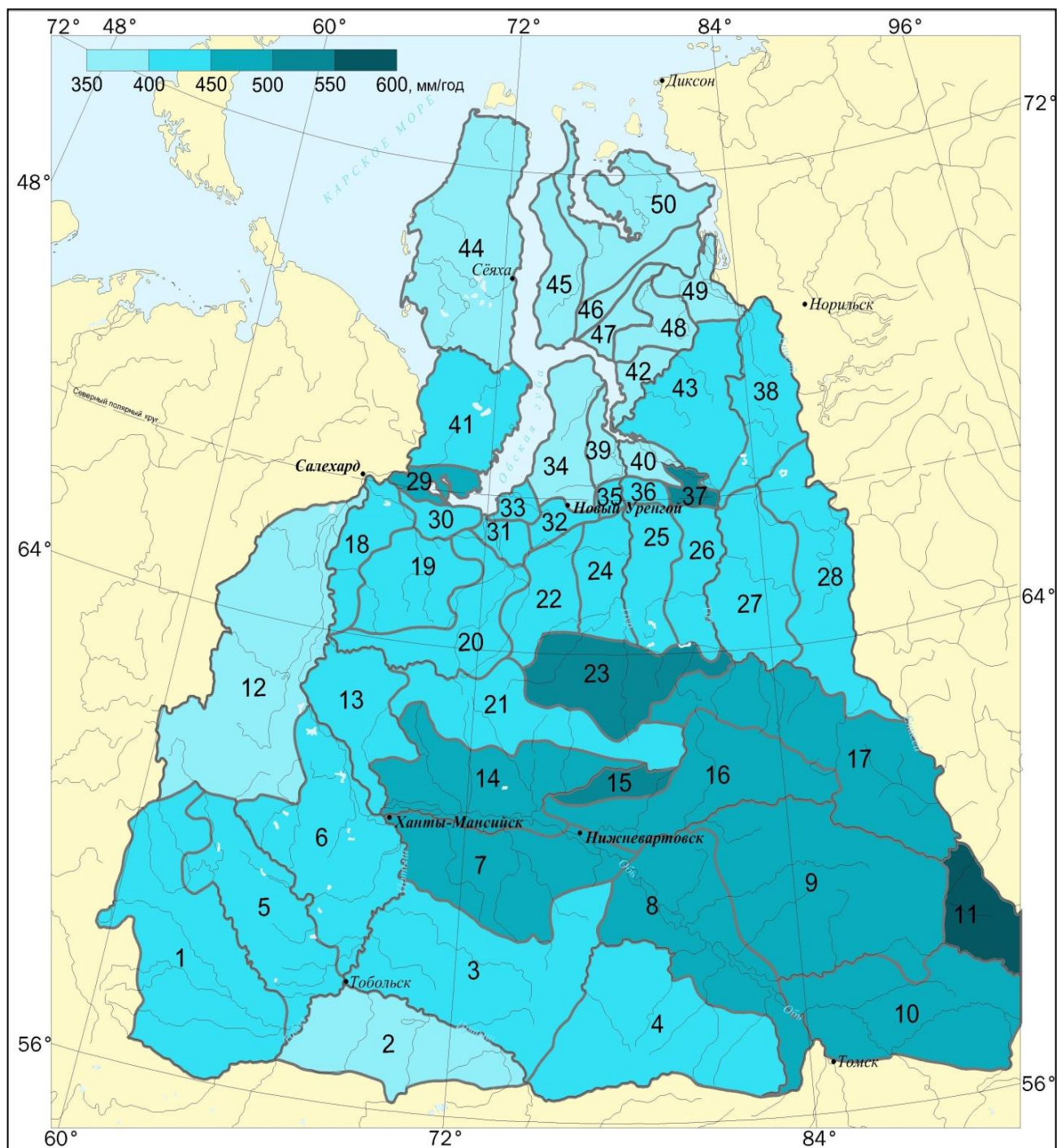


Рисунок 3.9 – Картограмма атмосферных осадков ( $KX_{95\%}$ )

Таким образом, выполненные расчеты, анализ и обобщения достаточно полно характеризуют как зональные, так и на уровне ландшафтных провинций особенности территориальной и временной изменчивости ресурсов атмосферной влаги на исследуемой территории.

В формировании радиационных характеристик, а, следовательно, и ресурсов тепла ландшафтных провинций, определяющее значение имеет их

географическое положение. При этом разность широт северной и южной границ провинций определяет пространственную изменчивость радиационных характеристик и теплообеспеченности в границах конкретной ландшафтной провинции.

Выполненные по уравнениям (2.28) – (2.31) расчеты позволили определить средние (Приложение М) и интервальные (на северной и южной границах) значения радиационных характеристик и характеристик теплообеспеченности всех рассматриваемых провинций региона. Интервальные (на северной и южной границе) значения радиационных характеристик и характеристик теплообеспеченности зональных областей приведены в таблице 3.2 и на рисунках 3.10 - 3.11.

Таблица 3.2 - Интервальные значения годовых альбедо ( $A\%$ ), поглощенной радиации ( $B_k$ , МДж/м<sup>2</sup>), теплоэнергетических ресурсов климата ( $LZ_k$ , МДж/м<sup>2</sup>) и суммарного испарения ( $LZ_m$ , МДж/м<sup>2</sup>) в средний год

А		Вк		LZk		LZm	
Юг	Север	Юг	Север	Юг	Север	Юг	Север
Зональная область Западно-Сибирской тундры							
41,1	47,8	1979	1438	2246	1722	1109	702
Зональная область Западно-Сибирской лесотундры							
40,1	44,6	2062	1696	2327	1972	1172	896
Зональная область Западно-Сибирской тайги							
30,4	40,6	2853	2021	3093	2286	1768	1141

Результаты расчетов водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов климата  $Z_k$  и максимально возможного суммарного испарения  $Z_m$  за конкретные годы (1966-2012 гг.) позволили раскрыть основные особенности временного хода названных характеристик на исследуемой территории. В частности на рис. 3.12 представлены сокращенные суммарные кривые максимально возможного испарения на метеостанциях, расположенных в диапазоне  $66,7^\circ - 57,17^\circ$  с.ш.



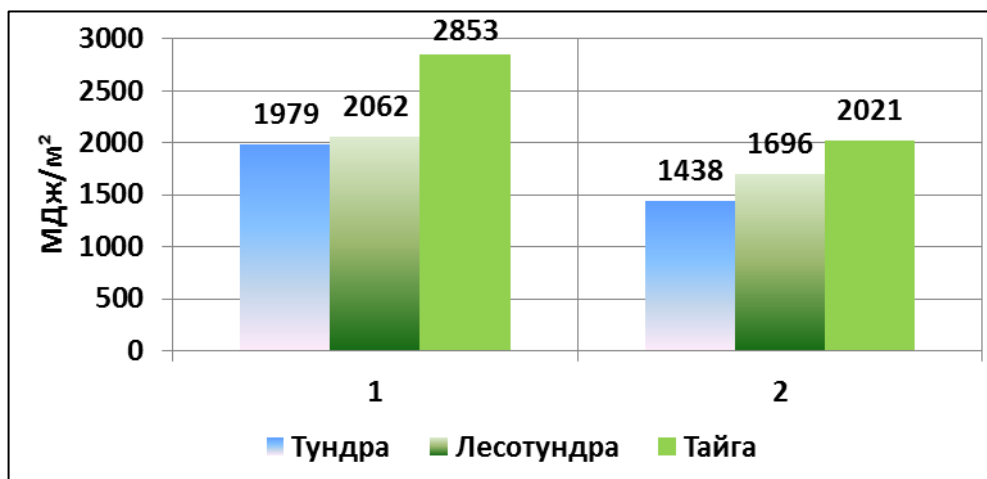


Рисунок 3.10 - Значения годовых сумм поглощенной радиации  $В_k$  на южной (1) и северной (2) границах зональных областей

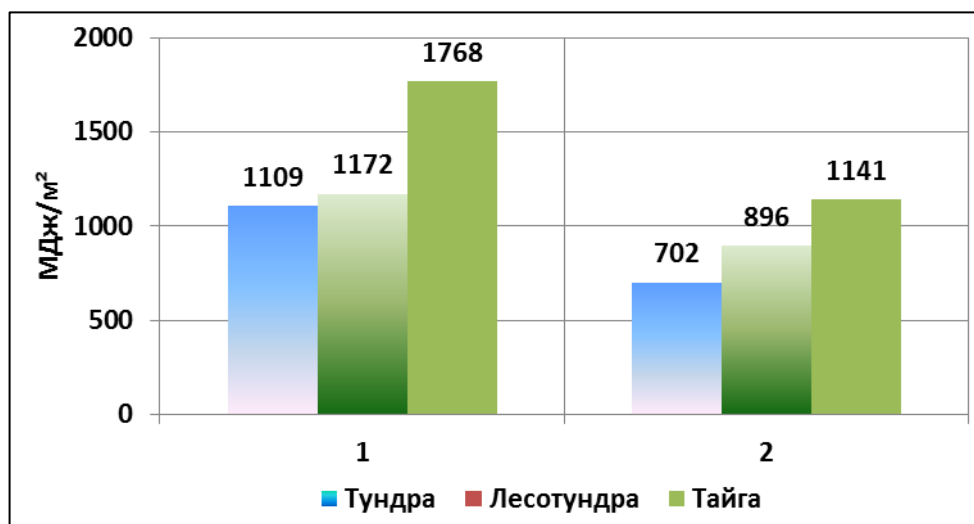


Рисунок 3.11 - Значения годовых сумм теплоэнергетических ресурсов суммарного испарения  $LZ_m$  на южной (1) и северной (2) границах зональных областей

Можно заметить, что в отличие от аналогичных кривых годовых сумм атмосферных осадков (рис. 3.2 – 3.5) во временном ходе ССК максимально возможного испарения  $Z_m$ , относящихся к разным природным зонам, значительно больше общего, чем различий.

Последнее обстоятельство вполне объяснимо преимущественным влиянием географической широты на величину и характер временного распределения  $Z_m$  (и  $Z_k$ ) в разных природных зонах.

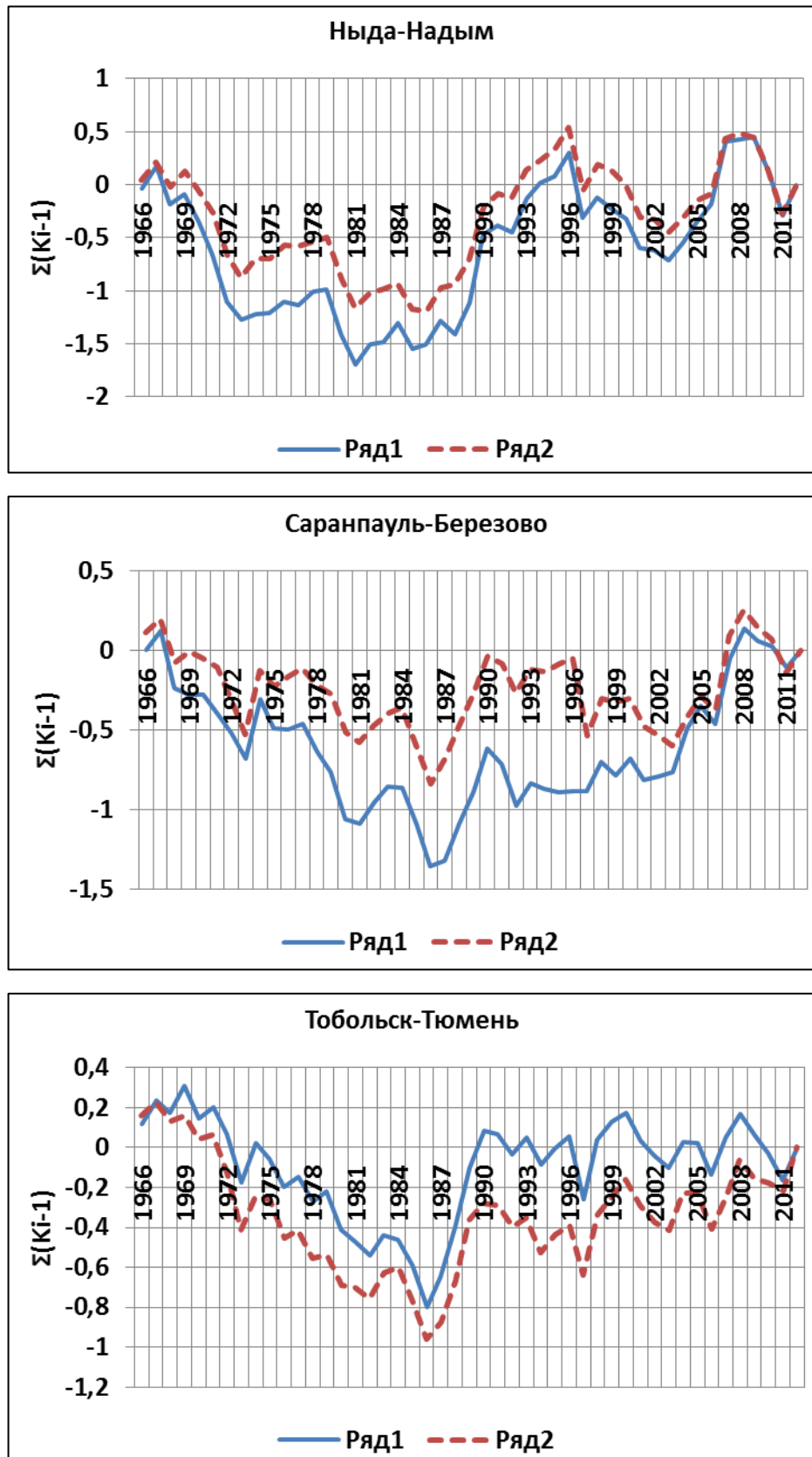


Рисунок 3.12 Сокращенные суммарные кривые годовых сумм  
максимально возможного суммарного испарения  $Z_m$  (ряд 1 - Ныда, Саранпауль,  
Тобольск; ряд 2 - Надым, Березово, Тюмень)

Как известно [18], в сумме потоков тепла, формирующих величину теплоэнергетических ресурсов климата  $LZ_k$  и суммарного испарения  $LZ_m$  за любой промежуток времени, определяющее значение принадлежит соответственно поглощенной радиации  $B_k$  и положительному радиационному балансу  $R^+$ . При этом величина поглощенной радиации  $B_k$  и положительного радиационного баланса  $R^+$  имеют физически предопределенную и подтвержденную корреляционным анализом зависимость, соответственно от суммарной радиации  $Q$  и скомпенсированного радиационного баланса  $R$  (рис. 3.13 и 3.14).

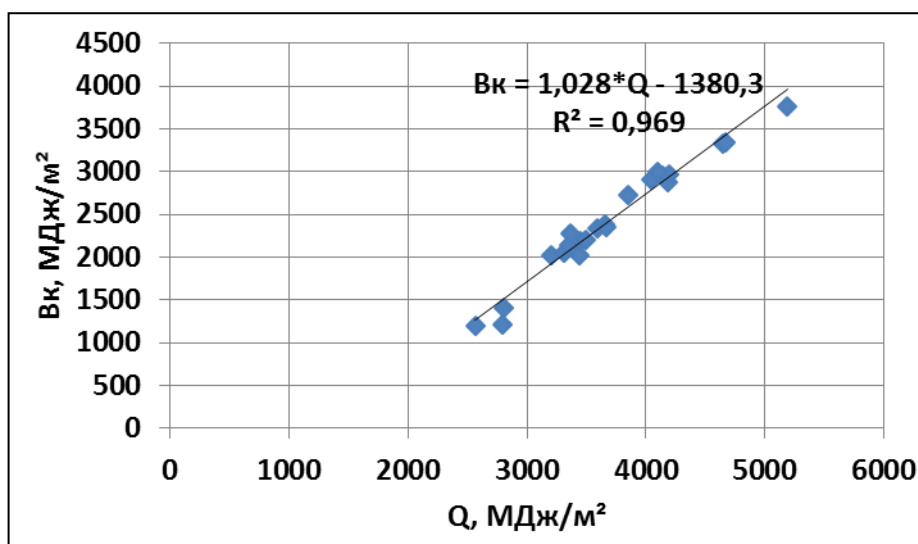


Рисунок 3.13 - График связи поглощенной  $B_k$  и суммарной  $Q$  радиации

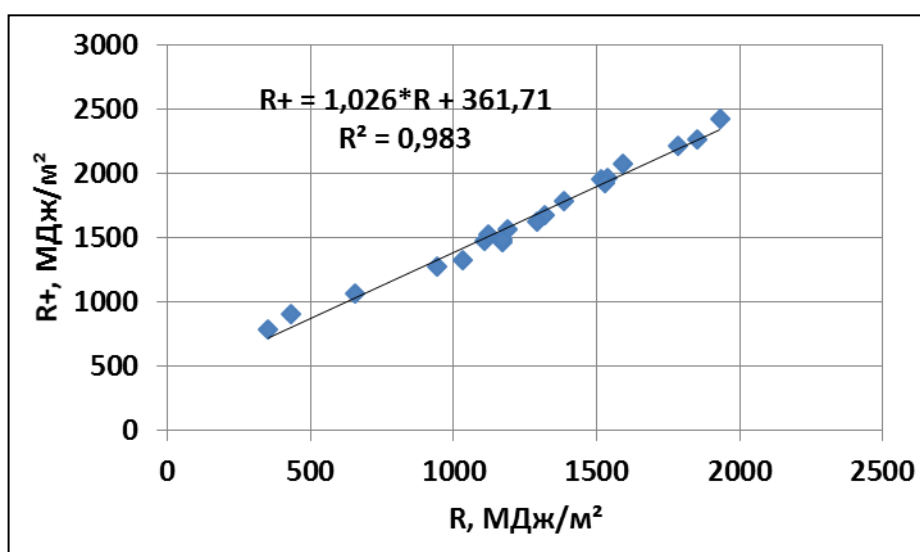


Рисунок 3.14 - График связи положительного  $R^+$  и скомпенсированного радиационного баланса

Высокая достоверность связей  $B_k = f(Q)$  и  $R^+ = f(R)$  - коэффициенты корреляции связей 0,984 - 0,991 - позволяет утверждать, что статистические параметры, характеризующие временную изменчивость  $Q$  и  $R$ , могут быть использованы для оценки аналогичных статистических параметров  $B_k$  и  $R^+$ , а следовательно, и теплоэнергетических ресурсов климата  $LZ_k$  и суммарного испарения  $LZ_m$ , а также и их водных эквивалентов ( $Z_k$  и  $Z_m$ ).

Анализ и обобщение материалов Научно-прикладных справочников, характеризующих временную изменчивость  $Q$  и  $R$ , сделал возможным установление связей коэффициентов вариации  $Q$  и  $R$  - соответственно  $C_v(Q)$  и  $C_v(R)$  - с географической широтой (рис. 3.15), описываемых уравнениями ( $R^2 = 0.943-0.906 \pm 0.04$ ):

$$C_v(Q) = 0.0002 \cdot \varphi^2 - 0.0203 \cdot \varphi + 0.5557, \quad (3.2)$$

$$C_v(R) = 0.0003 \cdot \varphi^2 - 0.0331 \cdot \varphi + 0.8969, \quad (3.3)$$

в которых  $\varphi$  – географическая широта, град. с.ш.

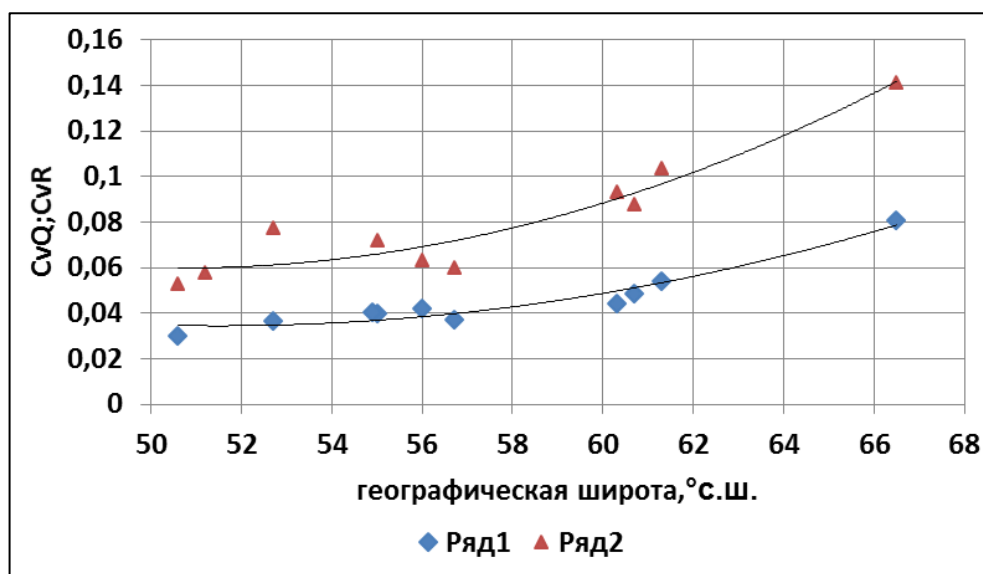


Рисунок 3.15 - Графики связи коэффициентов вариации годовых сумм суммарной радиации  $Q$  (Ряд 1-  $C_vQ$ ) и радиационного баланса  $R$  (Ряд 2 –  $C_vR$ ) с географической широтой

С учетом вышеизложенного, представилось обоснованным и допустимым принятие равенств коэффициентов вариации:  $C_v(Z_k) = C_v(Q)$  и  $C_v(Z_m) = C_v(R)$ .

Кроме того, с учетом современного уровня изученности статистических параметров временной изменчивости  $Q$  (и  $Z_k$ ), а также  $R$  (и  $Z_m$ ) представилось допустимым принять значения коэффициентов асимметрии  $Z_k$  и  $Z_m$  равными нулю -  $C_s = 0$ .

С учетом изложенного для всех ландшафтных провинций были рассчитаны значения коэффициентов вариации  $Z_k$  и  $Z_m$ , а также годовые суммы  $Z_k$  и  $Z_m$  обеспеченностью 5, 20, 80 и 95% (Приложение Н).

В провинциях, расположенных в разных зональных областях региона (тайга-лесотундра-тундра), амплитуды значений  $Z_m$  в годы повторяемостью один раз в 20 и один раз в 5 лет существенно отличаются (рис.3.16), что связано, в первую очередь, с изменяющимися по широте значениями коэффициентов вариации радиационных характеристик климата (рис. 3.15).

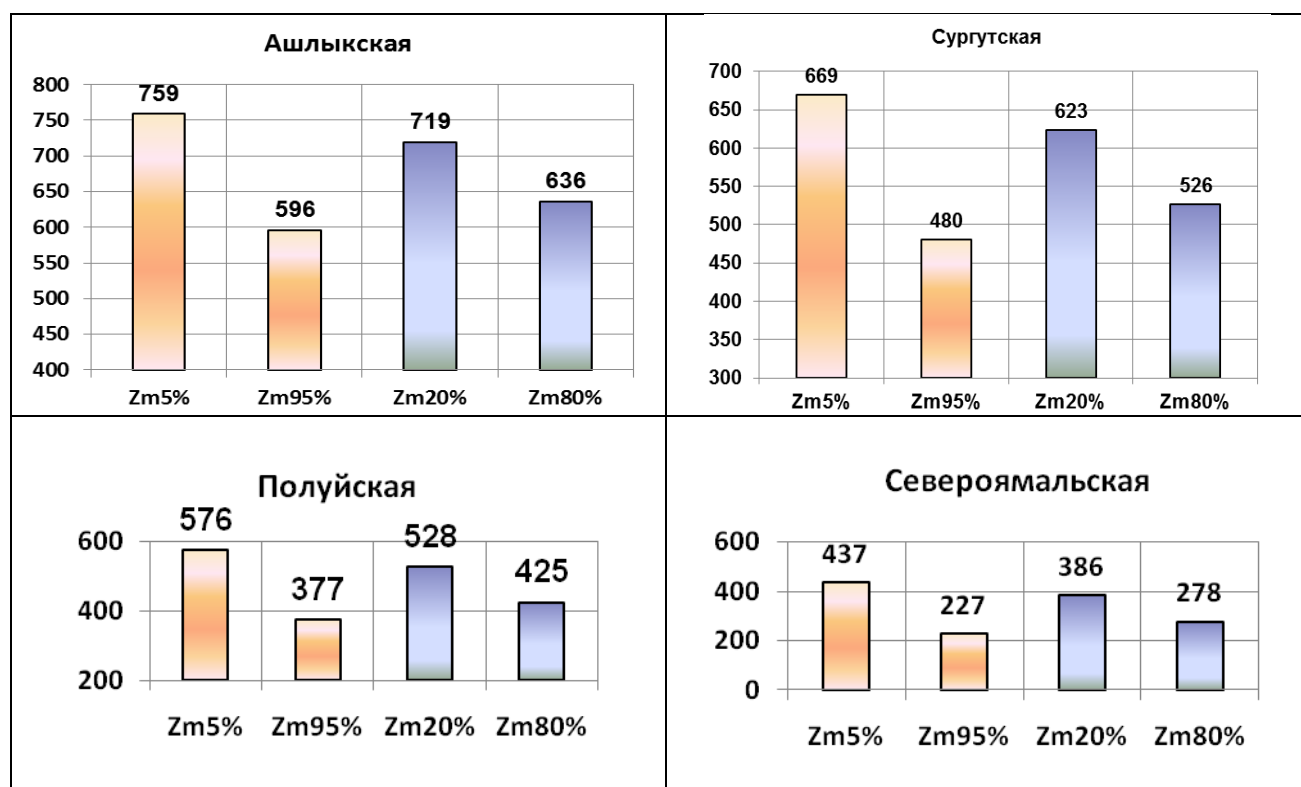


Рисунок 3.16 - Значения максимально возможного суммарного испарения  $Z_m$  5, 95, 20 и 80% обеспеченности, (мм)

Временной изменчивостью радиационных характеристик объясняется также и тот факт, что в годы исключительно высокой (5%) и низкой (95%) теплообеспеченности отношение  $Z_m 5\%/Z_m 95\%$  на юге зональной области тайги

(Ашлыкская провинция) равно 1,27; а на севере зональной области тундры (Североямальная провинция) – 1,93. В годы 20 и 80% обеспеченности эти отношения соответственно равны 1,18 и 1,39.

Рассмотрение совмещенных сокращенных суммарных кривых (ССК) Zm и КХ за 1966-2012 гг. (рис.3.17) позволяет установить особенные черты временного хода максимально возможного испарения и атмосферных осадков за анализируемый период. В частности, для зональной области тундры (Новый Порт), за рассматриваемый период характерен асинхронный ход годовых сумм Zm и КХ – низкая теплообеспеченность (1966 – 88 гг.) и повышенные атмосферные осадки (1966-97 гг.) и обратная ситуация наблюдается периоды в 1989 – 2012 гг. и в 1998-2012 гг.

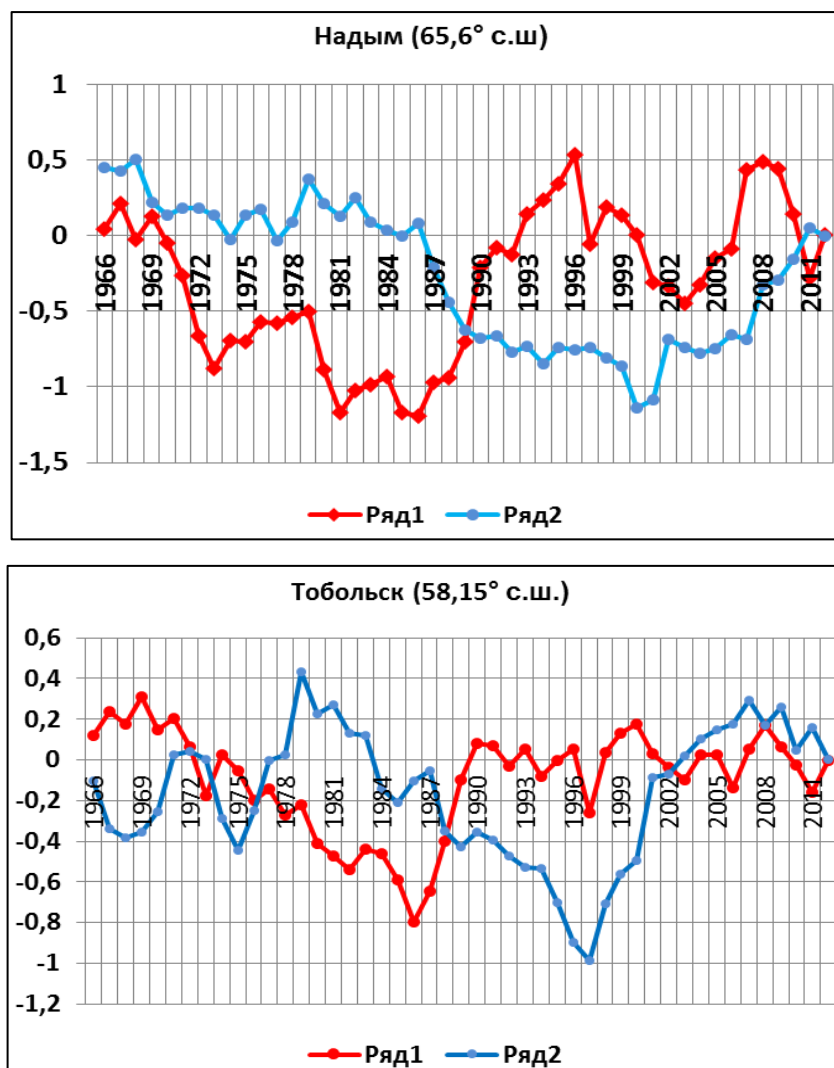


Рисунок 3.17 - Совмещенные ССК годовых сумм максимально возможного испарения (Ряд 1) и атмосферных осадков (ряд 2)

Зональной области лесотундре (Надым) характерен 35-летний (1966-2000 гг.) цикл лет с пониженными (в сравнении с многолетними) годовыми суммами атмосферных осадков. Во временном ходе  $Z_m$  в этот период легко обнаруживаются последовательно сменяющиеся циклы с пониженными (1967-1986 гг. и 1996-2003 гг.) и повышенными (2004- 2008 гг.) значениями  $Z_m$ .

Аналогичным образом можно установить сходство и различие (синхронность и асинхронность) во временном ходе  $Z_m$  и  $KX$  в зональной области Западно-Сибирской тайги (Тобольск).

В совокупности анализ ССК  $Z_m$  и  $KX$  является иллюстрацией пространственной дифференциации формирования тепло- и влагообеспеченности ландшафтных провинций Западной Сибири в ряду конкретных лет.

Степень соответствия естественных условий увлажнения деятельной земной поверхности  $H$  оптимально потребным  $H_{opt}$ , обеспечивающим наивысший уровень развития фитоценозов ландшафтных провинций, оценивалась величиной коэффициента увлажнения  $K_H = H/H_{opt} = H/Z_m$ , избытков (+) и недостатков (-) увлажнения  $\Delta H = H - H_{opt}$ , а также влажностью деятельного слоя почвы в долях наименьшей влагоемкости  $V = W/W_{нв}$ . Избыточному увлажнению земной поверхности соответствуют значения  $K_H > 1,0$ ;  $\Delta H > 0$  и  $V > 1,0$ . В оптимальных условиях увлажнения  $K_H = 1,0$ ;  $\Delta H = 0$  и относительная влажность деятельного слоя почвы  $V = 1,0$ .

Ресурсы влаги деятельного слоя земной поверхности за конкретные годы и внутригодовые периоды любого года  $H_i$  равны сумме атмосферных осадков  $KX_i$  и изменения влагозапасов деятельного слоя  $\Delta W_i$  за расчетный  $i$ -й период, то есть:

$$H_i = KX_i \pm \Delta W_i = KX_i + (W_1 - W_2)_i, \quad (3.4)$$

где  $W_1$  и  $W_2$  – влагозапасы в деятельном слое почвы, соответственно на начало и конец  $i$ -го расчетного периода, мм.

В средний многолетний год  $\Sigma H_i = \Sigma KX_i$ , а  $\Delta W_i = 0$ . Во внутригодовые периоды среднего года и за годовой период конкретного года, как правило,  $H_i \neq KX_i$  и  $\Delta W_i \neq 0$ . Вместе с этим дополнительный анализ и расчеты за конкретные годы показали, что различия в значениях коэффициентов вариации отношений

( $H_i/Z_{mi}$ ) и ( $KX_i/Z_{mi}$ ) не превышают 10-11%. В связи с этим на данной стадии исследований признано допустимым принятие в расчетах обеспеченных значений коэффициентов увлажнения  $K_n$  равенства коэффициентов вариации  $C_v$  ( $KX_i/Z_{mi}$ ) и  $C_v$  ( $H_i/Z_{mi}$ ).

Кроме того, было установлено, что в связи с расположением исследуемой территории в условиях достаточного и избыточного увлажнения, численные значения  $C_v$  ( $K_n$ ) определяются в большей степени временной изменчивостью ресурсов тепла, характеризуемой значениями  $C_v$  ( $Z_m$ ).

При этом в результате анализа (рис. 3.18) получено достаточно достоверное уравнение регрессии ( $R = 0.807 \pm 0.05$ ):

$$C_v(K_n) = 1,8516 \cdot C_v(Z_m) + 0,0937 \quad (3.5)$$

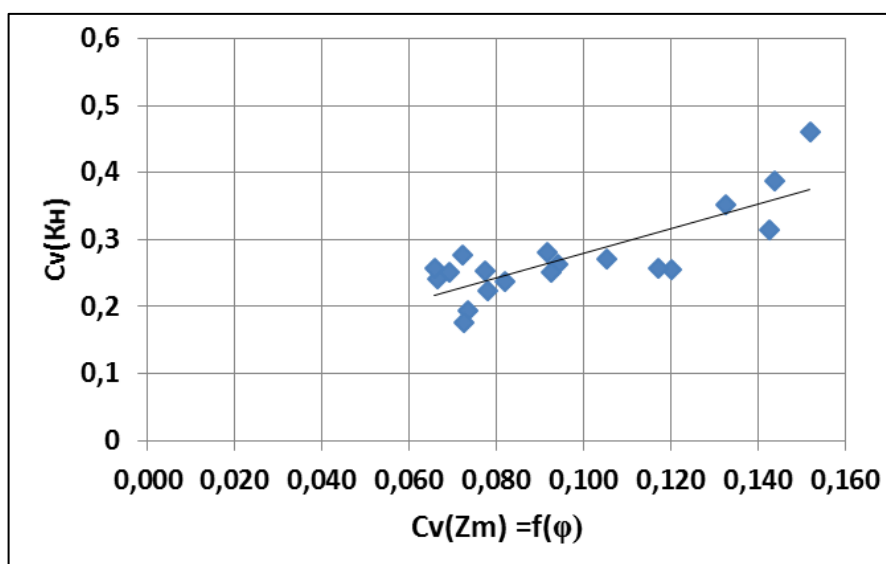


Рисунок 3.18 - График связи коэффициентов вариации  $C_v$  ( $K_n$ ) и  $C_v$  ( $Z_m$ )

В расчетах обеспеченных значений  $K_n$  (5, 20, 80 и 95%) значения коэффициентов асимметрии принимались равными нулю. Результаты расчетов представлены в Приложении О.

Можно заметить, что во влажные годы, повторяемость один раз в 20 лет (5% обеспеченность) все ландшафтные провинции зональной области тайги



(рис.3.19) избыточно увлажнены. Наоборот, в засушливые годы (95% обеспеченность) – увлажнены недостаточно.

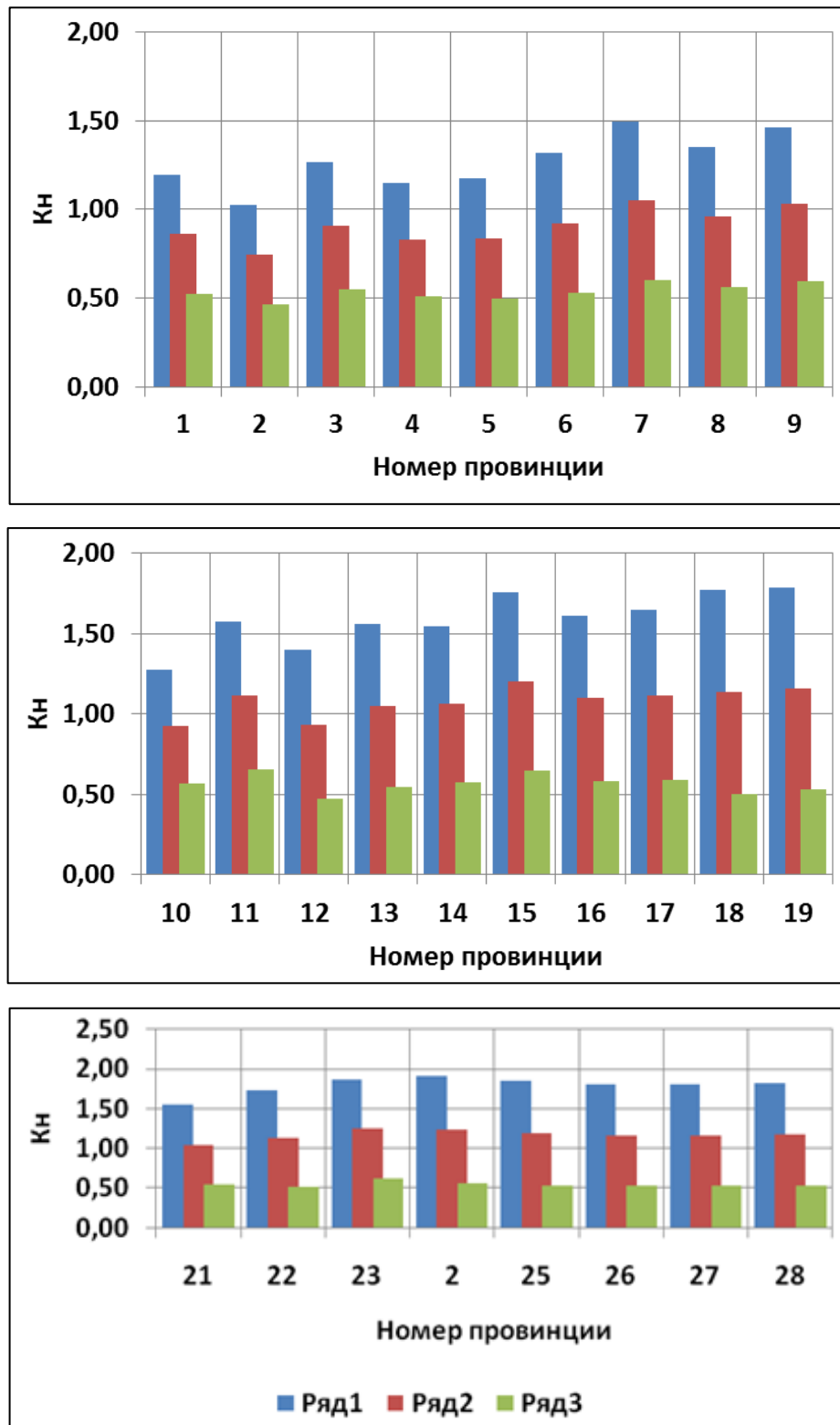


Рисунок 3.19 - Диаграммы значений коэффициентов увлажнения  $K_n$  во влажные (ряд 1 –  $K_n$  5%), острозасушливые (ряд 3 –  $K_n$  95%) и средние годы (ряд 2 –  $K_n$  норма) ландшафтных провинций зональной области тайги Западной Сибири.

В соответствии с принятой методикой избытки (+) и недостатки (-) увлажнения в любой год рассчитываются по зависимости

$$\Delta H_i = Zm_i \cdot (K_{H_i} - 1) \quad (3.6)$$

Результаты расчетов избытков (+) и недостатков (-) увлажнения ландшафтных провинций в средний ( $\Delta H_{\text{ср}}$ ) год и в годы 5, 20, 95 и 80% обеспеченности (мм) представлены в Приложении П.

Общие закономерности территориального распределения в средний ( $\Delta H_{\text{ср}}$ ) и экстремальные (5 и 95% обеспеченности) годы (рис. 3.20) в провинциях зональной области тайги имеют те же особенности, что и коэффициенты увлажнения  $K_H$ .

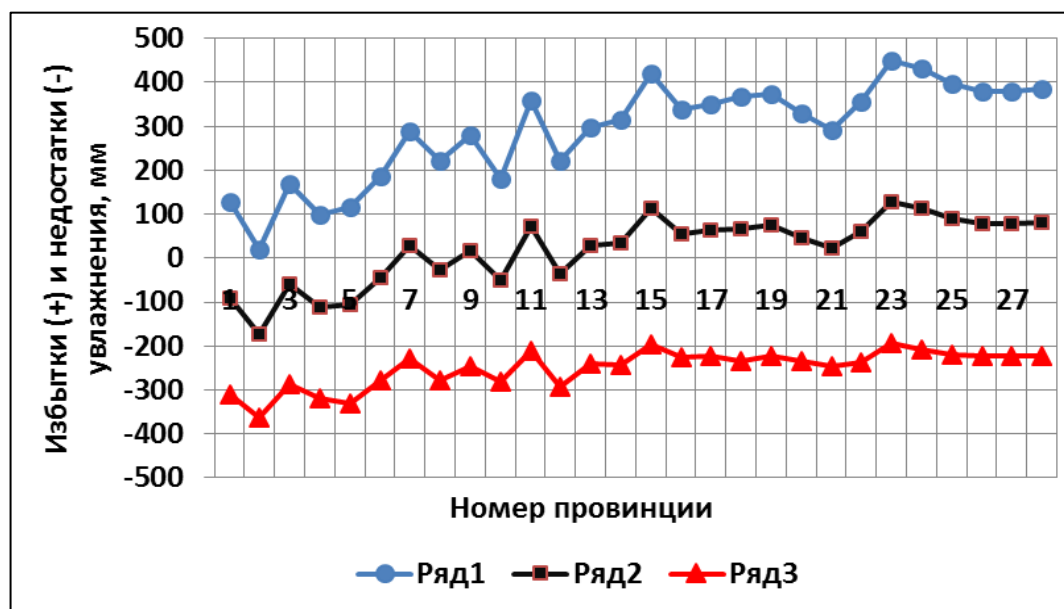


Рисунок 3.20 - Графики изменения избытков и недостатков увлажнения провинций зональной области тайги в средний год (ряд 2) и в годы 5% (ряд 1) и 95% (ряд 3) обеспеченности.

В рамках применяемой расчетной методики оказалось возможным выполнить также и расчеты средних годовых значений относительной (в долях наименьшей влагоемкости) влажности деятельного слоя почвы (Приложение Р).

В ландшафтных провинциях зональной области тайги (рис. 3.21) в острозасушливые годы, повторяемостью один раз в 20 лет (95%), во всех

провинциях зональной области тайги влажность деятельного слоя почвы в среднем не превышает 0,7 влажности наименьшей влагоемкости.

Во влажные годы, аналогичной повторяемости (5%), влажность деятельного слоя почвы в среднем равна 1,27 наименьшей влагоемкости так, что деятельный слой почвы во всех провинциях зональной области тайги находится в состоянии переувлажнения.

Комплекс приведенных характеристик увлажнения ( $K_n$ ,  $\Delta H$  и  $V$ ) в годы разной обеспеченности теплом и влагой количественно определяет различия и сходства в формировании интенсивности и направления физико-географического процесса в каждой из провинций исследуемой территории. В особенности это относится к формированию интенсивности формирования фитоценозов и их экологической устойчивости.

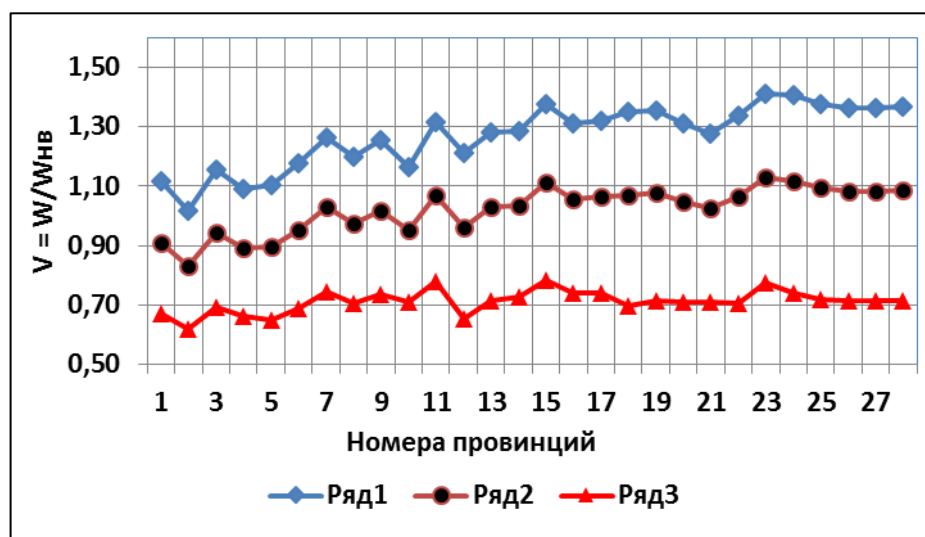


Рисунок 3.21 - Графики изменения относительной влажности почвы ландшафтных провинций тайги в средний (ряд 2) и в экстремальные по увлажнению годы (ряд 1- 5%, ряд 3 – 95%).

### 3.2 Приходные и расходные элементы влагооборота ландшафтных провинций

В сформировавшихся к настоящему времени гидрометеорологической и иной изученности ландшафтов исследуемой территории оценка элементов влаго-

и теплообмена земной поверхности и приземных слоев атмосферы на уровне ландшафтных провинций возможна только на основе расчетных показателей, базирующихся на широком использовании комплекса стандартных и достоверных исходных данных.

Таковыми исходными данными являются конкретные сведения, полученные в результате обработки данных метеорологических, гидрологических, почвенных, воднобалансовых и иных наблюдений и исследований.

Именно на основе широкого использования указанных сведений в разделе 2 настоящей работы приведены результаты расчетов и их анализ по метеостанциям региона, раскрывающие особенности зонального распределения элементов влаго- и теплооборота деятельной поверхности.

Азональные условия формирования приходных и расходных элементов влаго- и теплооборота провинций определяются, прежде всего, особенностями строения их земной поверхности. Интегральным количественным и качественным показателем совместного влияния всех природно-климатических и антропогенных факторов на влагообмен допустимо считать величину стока, сформированного в речном бассейне и в ландшафтной провинции, как составной части бассейна.

Интегральными расчетными показателями особенностей преобразования ресурсов влаги и тепла в пределах речного бассейна являются параметры  $a$ ,  $n$  и  $m$  уравнений связи (2.21) и (2.22). Значения параметров  $n$  и  $m$ , отражающих *зональные* особенности формирования годовых значений суммарного испарения, суммарного и подземного стока на речных бассейнах Западной Сибири определяются по уравнениям (2.24) – (2.25). Анализ и обобщение наблюдаемых данных по атмосферным осадкам, годовому стоку и рассчитанным значениям теплоэнергетических ресурсов климата для 118 речных бассейнов региона позволили рассчитать значения параметров  $a$ ,  $n$  и  $m$  для каждого речного бассейна.

Можно утверждать, что каждая из ландшафтных провинций региона территориально принадлежит тому или иному речному бассейну с известными (рассчитанными или принятыми по модельному речному бассейну) значениями названных расчетных параметров. В связи с этим каждой ландшафтной провинции присваивались значения параметров  $a$ ,  $n$  и  $m$  того речного бассейна, в пределах которого располагается рассматриваемая ландшафтная провинция, а при отсутствии такового - устанавливались расчетным путем (2.24).

Численные значения расчетных параметров  $a$ ,  $n$  и  $m$  приведены в Приложении С и свидетельствуют о том, что амплитуда колебаний основного параметра  $n$ , определяющего численные значения расходных элементов водного баланса провинций и структуру его расходных элементов, составляет 2,60 (Ашлыкская) – 0,74 (Верхнетазовская).

Можно заметить очевидную разницу значений  $\delta_y = \frac{Y}{Z_k}$  при одинаковых значениях  $\delta_H = \frac{H}{Z_k}$ , но разных значениях параметра  $n$  (табл. 3.3)

Таблица 3.3 - Значения соотношения  $\delta_y = \frac{Y}{Z_k}$  при разных значениях параметра  $n$

Параметр $n$	$\delta_H$								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1
2,602	0,0004	0,0049	0,0196	0,0491	0,0946	0,1542	0,2250	0,3038	0,4772
0,743	0,0287	0,0818	0,1466	0,2187	0,2957	0,3763	0,4597	0,5451	0,7209

Графики связи  $\delta_y = f(\delta_H)$  (рис. 3.22) и данные табл. 3.3 свидетельствуют о том, что в диапазоне значений  $\delta_H = 0,4 - 0,7$ , охватывающем все природно-климатические зоны исследуемой территории, в формировании стока и структуры элементов водного баланса провинций (при прочих равных условиях), строению земной поверхности принадлежит решающее значение. При этом выполненные исследования впервые позволяют в интегральном виде дифференцированно (в разрезе ландшафтных провинций) оценить эти условия значениями параметров уравнений связи водного и теплового баланса.

Результаты расчетов элементов водного баланса ландшафтных провинций с применением уравнений связи для среднего многолетнего года представлены в Приложении С.

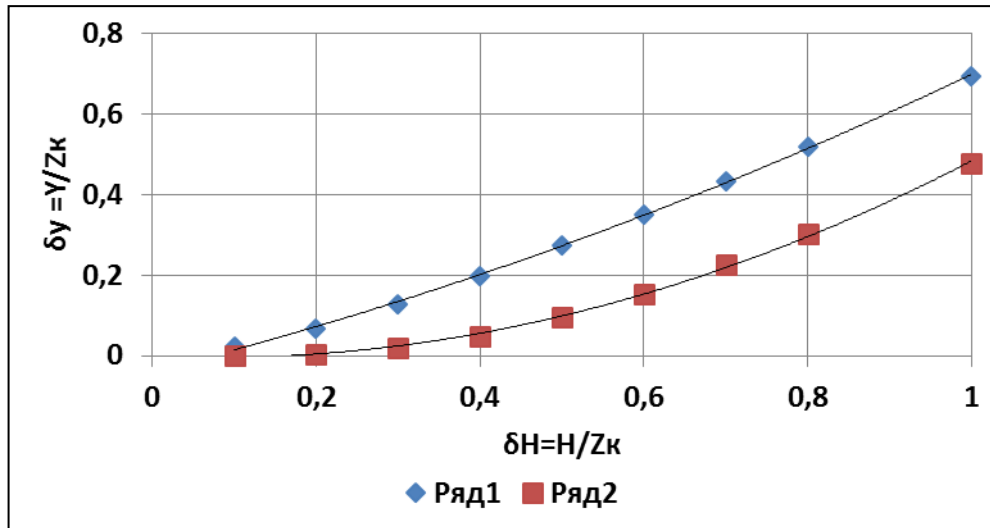


Рисунок 3.22 - Графики связи значений  $\delta y = f(\delta H)$  при разных значениях параметра  $n$  (Ряд 1  $n = 0,743$ ; Ряд 2  $n = 2,602$ )

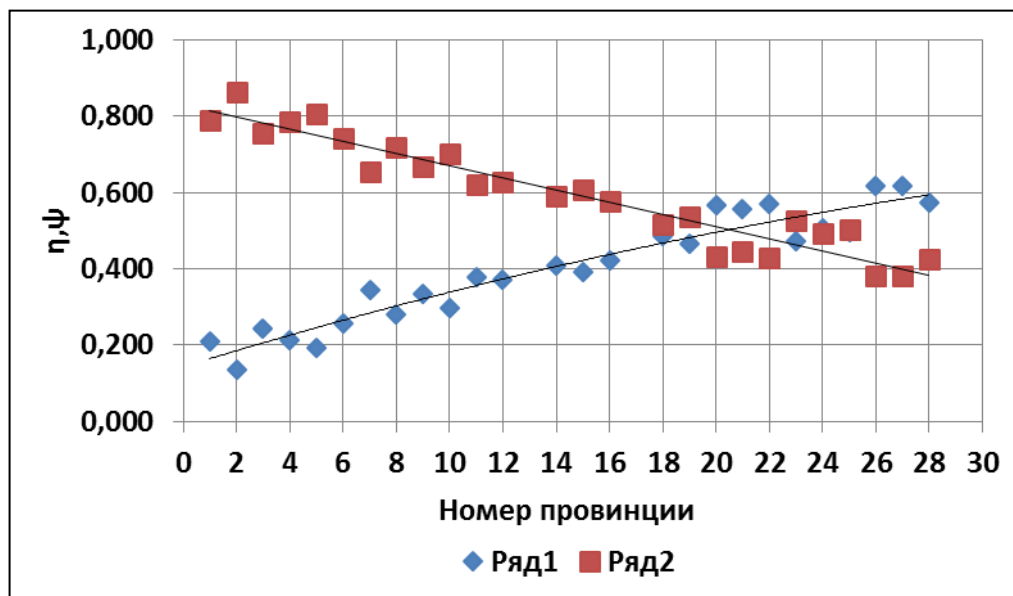


Рисунок 3.23 - Изменение коэффициентов стока ( $\eta$  - ряд 1) и испарения ( $\psi$  - ряд 2) ландшафтных провинций зональной области тайги

Установлено, что наибольшей динамикой структуры элементов влагооборота (коэффициент стока –  $\eta$  и коэффициент испарения –  $\psi$ ) закономерно

характеризуются провинции зональной области тайги. При этом значения коэффициентов стока ландшафтных провинций с юга на север возрастают, а значения коэффициентов испарения  $\psi$  – уменьшаются (рис. 3.23). Обобщенно в ландшафтных провинциях, расположенных на широте  $\approx 64,0$  град. с.ш.  $\eta = \psi = 0,5$ ; то есть наличные ресурсы влаги поровну расходуются на сток и суммарное испарение. При дальнейшем возрастании географической широты, как правило,  $\eta \geq 0,5$  и больше  $\psi$ , то есть в провинциях севернее  $64,0$  град. с.ш. годовые ресурсы влаги в средний год (в связи с малыми ресурсами тепла) расходуются преимущественно на сток.

На рис. 3.24 – 3.25 представлена структура элементов водного баланса ландшафтных провинций, расположенных в разных частях зональной области тайги.

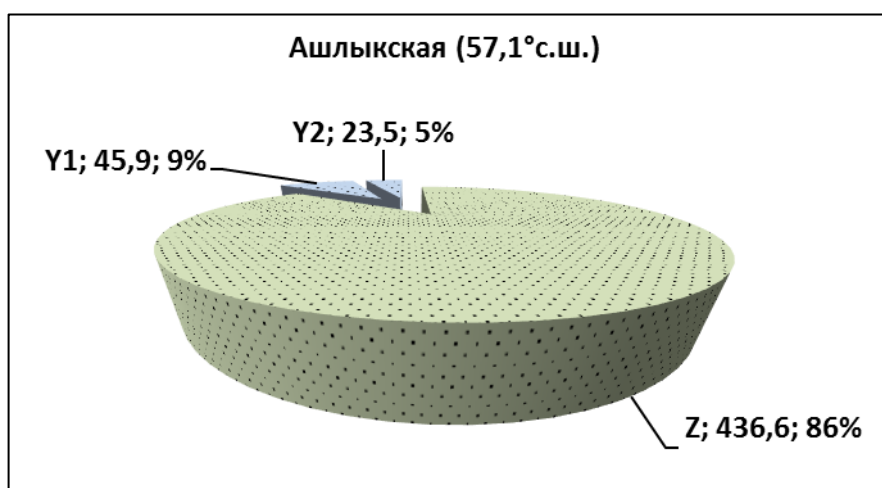


Рисунок 3.24 - Структура элементов влагооборота ландшафтной провинции, расположенной в южной части зональной области тайги (Z- суммарное испарение; Y1–поверхностный и Y2 – подземный сток)

Формирование элементов и структуры водного баланса восьми ландшафтных провинций зональной области лесотундры происходит при малой пространственной изменчивости ресурсов влаги и тепла. При этом среднее для провинций значение  $KX=559$  мм, а водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов климата  $Z_k=889$  мм. В средний год все провинции избыточно увлажнены, то есть  $K_n = 1,2-1,35$ .

Значения коэффициентов стока и испарения мало изменяются от провинции к провинции (рис. 3.26).

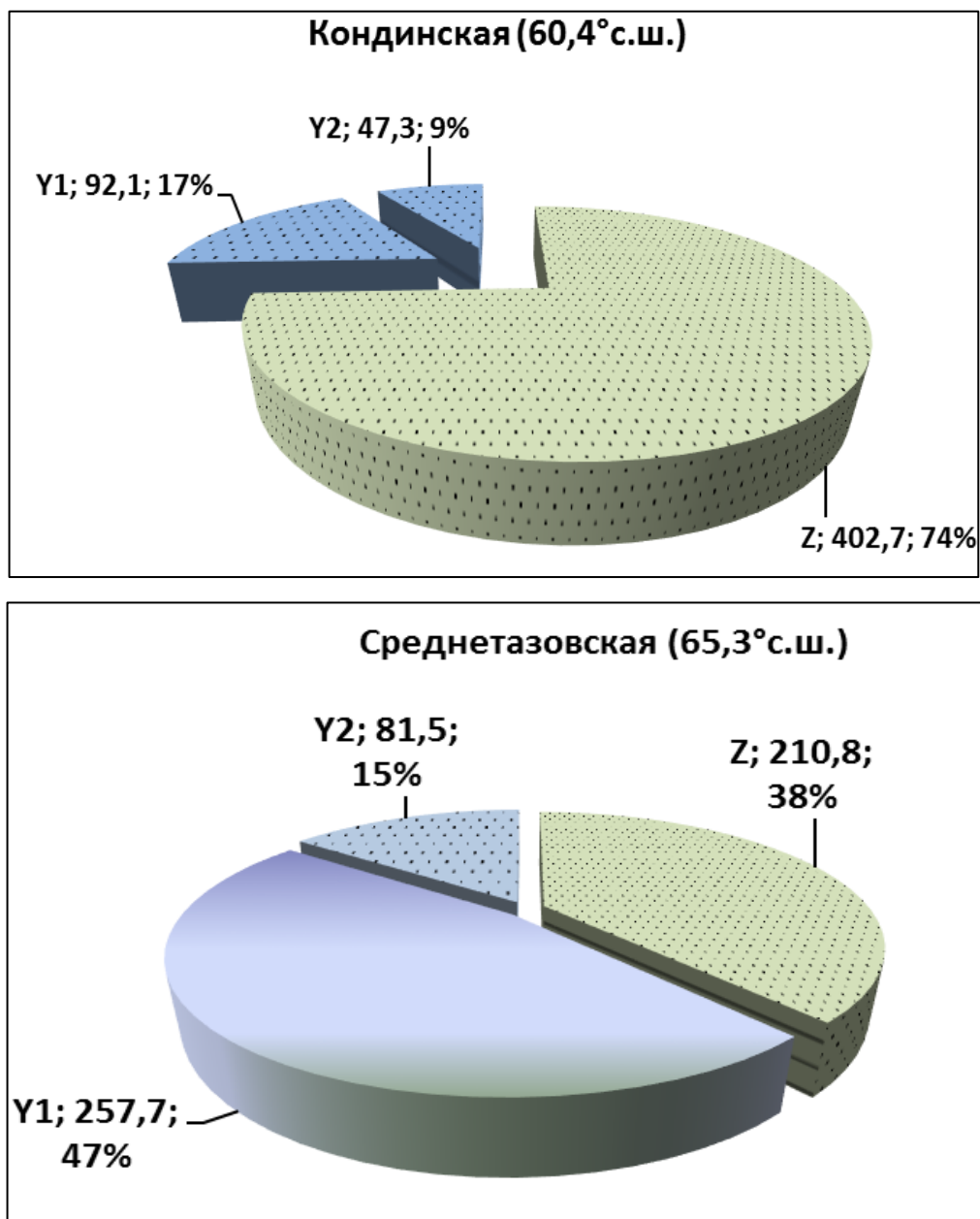


Рисунок 3.25 - Структура элементов влагооборота ландшафтных провинций, расположенных в центральной и северной частях зональной области тайги (Z- суммарное испарение; Y1–поверхностный и Y2 – подземный сток)



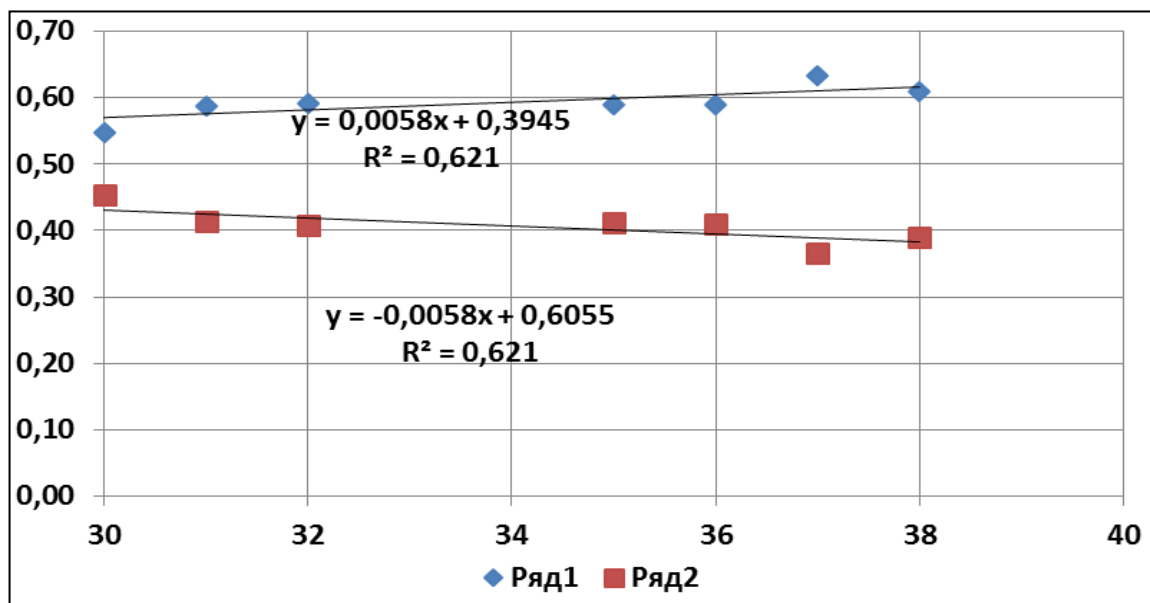


Рисунок 3.26 - Изменение коэффициентов стока ( $\eta$  – Ряд.1) и испарения ( $\psi$  – Ряд 2) ландшафтных провинций зональной области лесотундры

Особенностью формирования элементов влагооборота ландшафтных провинций зональной области тундры является абсолютно низкая теплообеспеченность земной поверхности на исследуемой территории.

В частности, водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов климата  $Z_k$  в среднем составляет 873 мм, а максимально возможное суммарное испарение  $Z_m = 378$  мм/год.

В соответствии с общими особенностями территориального распределения атмосферных осадков на территории Западной Сибири их годовая сумма в провинциях тундры уменьшается с юга на север от 554 до 485 мм/год.

В результате процесса преобразования ресурсов влаги и тепла большая часть атмосферных осадков провинций в средний год расходуется на суммарный сток. Коэффициенты стока и суммарного испарения ландшафтных провинций с юга на север соответственно возрастают и уменьшаются (рис. 3.27).

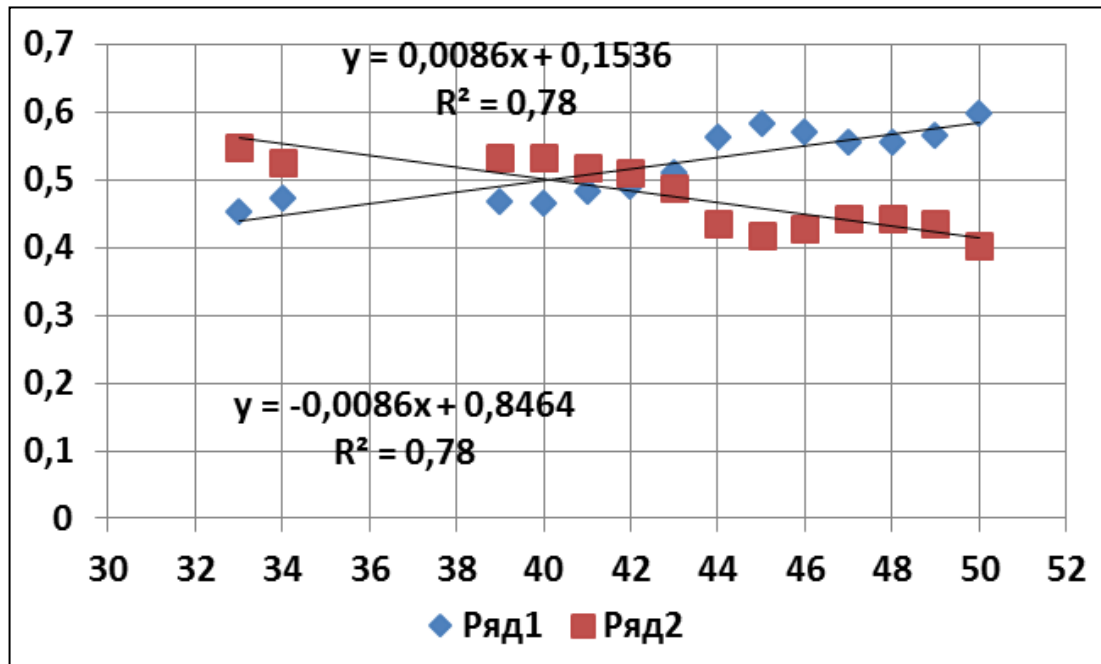


Рисунок 3.27 - Изменение коэффициентов стока ( $\eta$  – ряд 1) и испарения ( $\psi$  - ряд 2) ландшафтных провинций зональной области тундры

Таким образом, интенсивность процесса преобразования ресурсов влаги ландшафтных провинций определяется, с одной стороны, уровнем увлажнения земной поверхности, то есть соотношением ресурсов влаги и тепла, а с другой - особенностями строения земной поверхности. В совокупности эти фактора создают уникальную структуру элементов влагооборота в каждой ландшафтной провинции.

## 4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТЕХНОЕМКОСТЬ ПРИЗЕМНЫХ СЛОЕВ АТМОСФЕРЫ, РЕСУРСОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ФИТОЦЕНОЗОВ ЛАНДШАФТНЫХ ПРОВИНЦИЙ

### 4.1 Научная основа для оценки эколого-географических параметров ландшафтных провинций

Схема эколого-географического районирования Западной Сибири [21], отражающая пространственную дифференциацию физико-географических комплексов с их зонально-территориальными различиями природных условий, явилась научной и методической основой для эколого-географической оценки параметров функционирования ландшафтных провинций Западно-Сибирского Севера.

В рамках данного исследования научное и методическое значение имеют количественные характеристики трех эколого-географических зон, параметры которых приводятся в таблице 4.1.

Таблица - 4.1 Количественные характеристики эколого-географических зон  
Западно-Сибирского Севера\*

Характеристика	Ед.изм.	Эколого-географические зоны Западно-Сибирского Севера**		
		I	II	III
1	2	3	4	5
1.Водный эквивалент ресурсов тепла в средний год $Z_k$	мм	менее 950	950-1040	1040-1150
2.Ресурсы влаги в средний год $H$	мм	около 550	550-600	600-550
3.Соотношение ресурсов влаги и тепла в средний год $H/Z_k$		более 0,60	0,60-0,55	0,55-0,50

Продолжение таблицы 4.1.

1	2	3	4	5
4. Коэффициент годового стока $\eta$		более 0,40	0,40-0,35	0,35-0,25
5. Влажность почвы	в долях от НВ			
в средний год		1,30-1,07	1,07-1,00	1,00-0,86
в «сухой» год		1,13-1,00	1,00-0,93	0,93-0,75
во «влажный» год		1,42-1,19	1,19-1,13	1,13-0,93
6. Коэффициент увлажнения $K_H$				
в средний год		1,50-1,10	1,10-1,00	1,00-0,80
в «сухой» год		1,20-1,00	1,00-0,90	0,90-0,65
во «влажный» год		1,70-1,30	1,30-1,20	1,20-0,90
7. Годичная продукция фитоценозов $P_B$ в средний год	т/км <sup>2</sup>	менее 600	600-650	650-700
8. Запас фитомассы $B$	кг/км <sup>2</sup>	менее 13	13,0-14,0	14,0-13,0
10. Экологическая техноёмкость в средний год	усл. т/км <sup>2</sup>			
приземных слоёв воздуха $t_1$		1200-800	800-1400	1400
поверхностных вод $t_2$		1,60-1,20	1,20-1,00	1,00-0,70
Фитоценозов $t_3$		4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-6,0
11. Суммарная экологическая техноёмкость поверхностных вод и фитоценозов ( $t_2 + t_3$ )	усл. т/км <sup>2</sup>			
в средний год		6,0-5,5	5,5	5,5-7,0
в «сухой» год		менее 3,5	3,5-4,0	4,0-5,5
во «влажный» год		более 8,0	8,0-7,0	7,0-8,0
12. Суммарная экологическая ёмкость экосистем	баллы			
в средний год		менее 75	75-77	77-72
в «сухой» год		менее 77	77-75	75-60
во «влажный» год		менее 60	60-70	70-77

*\*(приводится по Г.В. Белоненко, Н.Б. Попова, Ж.А. Тусупбеков «Эколого-географические условия транспортного освоения Западной Сибири». - Новосибирск, 2012.- С.201-202).*

*\*\*Эколого-географические зоны: I – низкой экологической ёмкости во «влажные годы», повторяемость один раз в пять лет; II – высокой экологической ёмкости в «сухой» год; III – высокой экологической ёмкости в средний год.*

Территорию Западно-Сибирского Севера (72° с.ш. - 58° с.ш.) можно дифференцировать на три эколого-географические зоны – низкой экологической ёмкости во «влажные» годы, высокой экологической ёмкости в «сухой» год и

высокой экологической ёмкости в средний год. Известно, что «сухой» и «влажный» годы имеют повторяемость один раз в пять лет. Для «влажного» года значение коэффициента увлажнения  $K_H$  составляет 20%, для «сухого» - 80% обеспеченности.

Первая зона (I) располагается в самой северной части Западной Сибири. Отличается исключительно низкими параметрами теплообеспеченности, водный эквивалент ресурсов тепла составляет менее 950 мм. Ресурсы влаги в средний год составляют менее 550 мм, что, в условиях недостатка тепла приводит к переувлажнению деятельного слоя почвы, влажность которого варьирует от 1,4-1,2 до 1,3-1,1 и 1,13-1,0. Эти значения относятся к «влажному», среднему и «сухому» годам, соответственно. Вследствие переувлажнения, о чём свидетельствуют параметры коэффициента увлажнения, «верхние» значения которых варьируют от 1,7 во «влажный» год до 1,5 – в средний, и 1,2 в «сухой» год, в зоне формируется тундровый и лесотундровый растительный покров. Характерная особенность такого растительного покрова – это низкая годовая продукция, менее 13 кг/км<sup>2</sup>, и малый запас фитомассы, менее 600 т/км<sup>2</sup>. Суммарная экологическая ёмкость экосистем зоны составляет менее 60 баллов во влажные годы. В средний и сухой годы этот показатель повышается до 75 - 77 баллов. Но экологическая техноёмкость фитоценозов даже в средний год не превышает 4,0 - 4,5 усл.т/км<sup>2</sup>. В целом же, при обозначенных параметрах, водно-воздушный режим деятельного слоя почвы, как фактора, формирующего экологическую ёмкость естественной экосистемы, является благоприятным и способствующим накоплению годичной продукции фитомассы только на 65° с.ш., т.е. на южной границе лесотундры и северной тайги и северной границе второй эколого-географической зоны.

В данной зоне расположены следующие природные объекты: Североямальная возвышенная равнина, Юрибейская, Гыданская гряды, Северо-Гыданская, Усть-Енисейская, Мессояхская низменности, Танамская, Щучинская и Хеттская возвышенности. А также Нижнеобская, Надымская, Пурская, Тазовская, Туруханская низменности; Полуйская, Ненецкая, Таз-Пурская, Среднетазовская

возвышенности, чьи северные территории «принадлежат» данной эколого-географической зоне;

К первой эколого-географической зоне относятся следующие физико-географические провинции: Североямальская, Юрибейская, Северогыданская, Гыданская, Усть-Енисейская, Танамская, Верхтанамская, Щучинская, Североненецкая, Усть-Пурская, Верхлукыхская, Мессояхская, Северохетская, Южнохетская, Усть-Обская, Салехардская, Усть-Надымская, Верхненыдская, Усть-Ныдская, Усть-Пурская, Верхненгарская, Сидоровская провинции – представляющие собой зональные области Западно-Сибирской тундры и лесотундры. Кроме того, количественные эколого-географические характеристики I зоны распространяются на Нижнеобскую, Южноненецкую, Тарко-Салесскую, Часельскую, Усть-Худосейскую, Среднетазовскую, Туруханскую провинции зональной области Западно-Сибирской тайги, поскольку северные территории названных провинций входят в эту зону географически.

Вторая зона (II) проходит сравнительно неширокой полосой с северо-запада на юго-восток в границах 65-63 параллелей. Отличается более высокой теплообеспеченностью: водный эквивалент ресурсов тепла в средний год лежит в интервале 950 - 1040 мм/год. Показатель ресурсов влаги так же увеличивается до 550-600 мм/год. Влажность деятельного слоя почвы, изменяемая в долях наименьшей влагоёмкости, по «верхним» значениям ниже аналогичных показателей I зоны для среднего и «влажного» годов, а в «сухой» год соответствует верхнему критерию оптимума – 1,0-0,93. Коэффициенты увлажнения в «сухой» и средний год фактически соответствуют 1,0; во «влажный» год его превышают - 1,2.

Столь близкие к оптимуму показатели свидетельствуют, что водно-воздушный режим деятельного слоя почвы способствует формированию естественных фитоценозов, размер годичной продукции которых - не ниже 650 т/км<sup>2</sup>. Запас фитомассы и значительные ресурсы местного стока обуславливают довольно высокие показатели (75-77 баллов) суммарной экологической ёмкости экосистемы этой зоны в «сухой» и средний годы. Существенно, до 60-70 баллов,

снижаются показатели суммарной экологической ёмкости во «влажные» годы, когда коэффициенты увлажнения составляют 1,2 - 1,3; показатели влажности деятельного слоя почвы при этом изменяются в диапазоне 1,13-1,19. Это значительно превышает наименьшую влагоёмкость почвы.

Отмеченные характеристики присущи природным (орографическим) объектам зоны - Нижнеобской, Надымской, Пурской, Тазовской, Туруханской низменностям; Полуйской, Ненецкой, Таз-Пурской, Среднетазовской возвышенностям, чьи южные территории «принадлежат» данной эколого-географической зоне; а также Северо-сосьвинской, Верхнетазовской возвышенностям, Белогорскому материку – входящим в обозначенную зону своими северными рубежами; Нулетовской равнине и Пякупур-Толькинской низменности, входящим в эту зону полностью.

Физико-географические провинции в границах II эколого-географической зоны, следующие. Это Нижнеобская, Южноненецкая, Тарко-Салесская, Часельская, Усть-Худосейская, Среднетазовская, Туруханская провинции зональной области Западно-Сибирской тайги, поскольку южные территории названных провинций входят в эту эколого-географическую зону географически. Кроме того, во II зону входят Северо-Сосьвинская, Белогорская, Верхнетазовская провинции своими северными территориями, а Надымская, Нулетовская и Пякупур-Толькинская провинции полностью. Названным физико-географическим провинциям присущи количественные характеристики II эколого-географической зоны.

Третья эколого-географическая зона (III) занимает довольно обширную природную территорию средней и южной тайги. Северная граница зоны расположена почти широтно, от 63° с.ш. в «зауральской» части до 60° с.ш. в «сибирской». Южная граница зоны широтно простирается по 58-й параллели, примерно до Тобольска, а затем постепенно смещается к юго-востоку, до широты Томска и «резко» уходит на юг. Водный эквивалент ресурсов тепла изменяется от 1040 до 1150 мм в год. При годовых ресурсах влаги, в среднем равных 600-550

мм, создаётся оптимальный водно-воздушный режим деятельного слоя почвы в средний год – 0,86-1,0 (в долях наименьшей влагоёмкости).

Близкими к оптимуму оказываются «верхние» показатели коэффициента увлажнения для среднего и «сухого» годов (1,0 - 0,9), и только для «влажного» эти значения варьируют от 1,2 до 0,9. Всё это в совокупности способствует увеличению годичной продукции фитоценозов до 650-700 т/км<sup>2</sup> в год и обеспечивает запас фитомассы в 13-14 кт/км<sup>2</sup> в год. Для этой зоны отмечаются высокие показатели (до 77 баллов) суммарной экологической ёмкости экосистем в средний год на севере зоны, и во «влажный» год на юге зоны. Формирование столь благоприятных экологических условий достигается при участии ресурсов местного стока. И только в «сухой» год показатели суммарной экологической ёмкости снижаются, при этом их снижение на севере зоны не столь критично (до 75 баллов), на юге – более значительно, до 60 баллов.

Отмеченные характеристики присущи природным объектам зоны – Северо-Сосьвинской, Верхнетазовской возвышенностям, Белогорскому материку, поскольку в III зону входят их южные рубежи. А также Сургутской низине, Вахской, Кондинской, Юганской, Обь-Тымской низменностям; Кетско-Тымской, Туринской, Тавдинско-Кондинской, Васюганской, Кетско-Тымской, Чулымской, Енисейской равнинам; Аганскому увалу, Тобольскому материку, входящим в III эколого-географическую зону полностью.

Физико-географические провинции, в границах которых рассматривается исследуемая территория, это южные территории Северо-Сосьвинской, Белогорской, Верхнетазовской провинций; Сургутская, Вахская, Аганская провинции; Туринская, Среднеиртышская, Кондинская; Юганская, Тобольская, Ашлыкская; Обь-Тымская, Васюганская; Кетско-Тымская, Чулымская, Енисейская провинции. Все выделенные провинции «принадлежат» зональной области Западно-Сибирской тайги и в исследуемую III эколого-географическую зону входят полностью, значит, эколого-географические условия названных провинций соответствуют количественным параметрам этой зоны.



Таким образом, табличные данные свидетельствуют, что количественные характеристики эколого-географических зон меняются, как в зависимости от типа года наблюдения, так и в зависимости от широты места. При движении с севера на юг отмечаются определённые закономерности территориального распределения названных эколого-географических характеристик. Можно отметить, что местоположение выделенных природных объектов и физико-географических зон во многом определяет присущие им основные эколого-географические характеристики, отражающие условия и особенности увлажнения земной поверхности. Последнее является подтверждением тому факту, что территории Западно-Сибирского Севера обладают разной экологической техноёмкостью (ЭТТ).

Экологическая техноёмкость территории (ЭТТ), как отмечалось в главе 2 (п. 2.2), представляет собой долю общей экологической емкости территории, определяемую коэффициентом вариации состава среды от естественного уровня, при котором не происходит нарушение экологической устойчивости рассматриваемого компонента среды.

В результате расчетов значений удельной экологической техноёмкости  $t_1$ ,  $t_2$  и  $t_3$  по 104 пунктам изучаемой территории (Приложение И) стало возможным обобщение полученных результатов в виде соответствующих карт изолиний  $t_2$  и  $t_3$  (рис. 2.10 и 2.11) и исследование зональных особенностей пространственного распределения этих эколого-географических характеристик.

Территориальное распределение значений удельной экологической техноёмкости определяется главным образом климатическим фактором функционирования природных систем, то есть скоростью ветра, ресурсами тепла и влаги и их соотношением. И, кроме того, специфическими условиями трансформации воздушных масс, ресурсов влаги и тепла.

При оценке значений удельной экологической техноёмкости приземных слоев атмосферы, ресурсов поверхностных вод и фитоценозов для ландшафтных провинций важным был учет не только зональных, но и аazonальных факторов их формирования в границах конкретной ландшафтной провинции.

В связи с этим в зависимости от степени изученности гидрометеорологических параметров в той или иной провинции в качестве расчетных значений принимались либо осредненные для провинции данные наблюдений и выполненных на этой основе расчетов, либо (при недостаточной изученности) данные метеостанций - аналогов или рек (водных источников) - аналогов.

#### **4.2 Экологическая техноемкость приземных слоев атмосферы ландшафтных провинций**

Величина и характер пространственной и временной изменчивости экологической техноемкости приземных слоев атмосферы ландшафтных провинций являются прямым следствием ветрового режима за любой рассматриваемый расчетный период времени. При этом в большой степени скорость ветра, а, следовательно и экологическая техноемкость, зависит от рельефа местности, высоты и защищенности флюгера. В результате можно утверждать, что измеренные и приводимые в справочниках сведения о скорости ветра представляют собой результат интегрального воздействия названных и иных факторов.

Общее представление об изменении годовых значений скорости ветра ( $V$ , м/с) и удельной экологической техноемкости приземных слоев атмосферы ( $t_1$ , усл. т/год км<sup>2</sup>) для метеостанций региона дает график изменения этих величин (рис. 2.9).

Общее возрастание с юга на север средней годовой скорости ветра и удельной экологической техноемкости приземных слоев атмосферы характерно также и для ландшафтных провинций исследуемой территории (рис.4.1), (Приложение Т1).

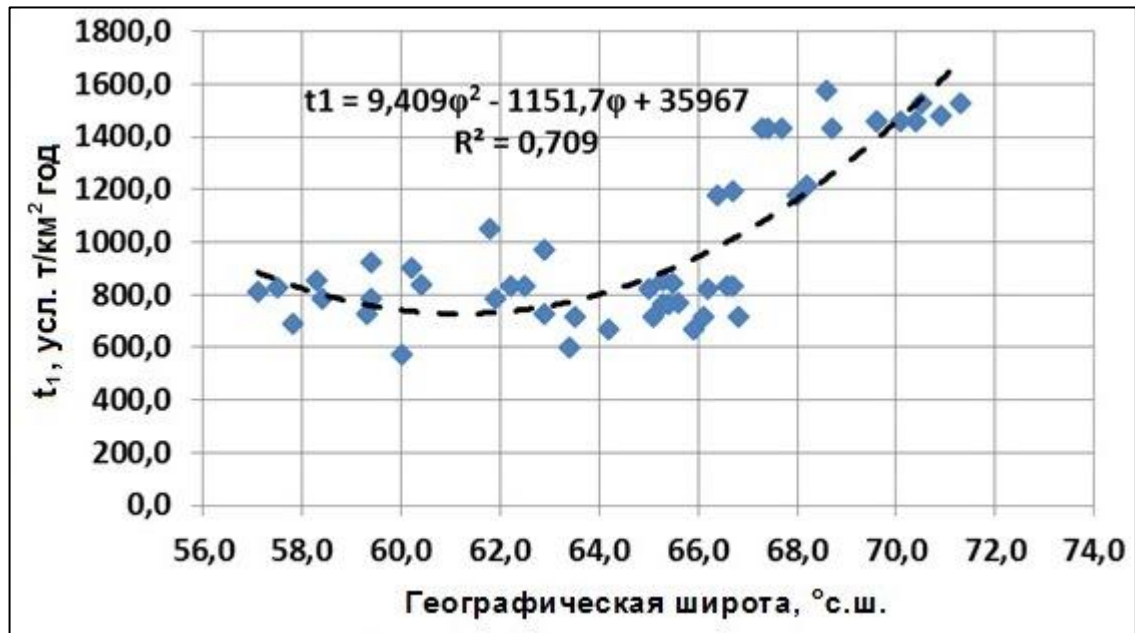


Рисунок 4.1 - Изменение удельной экологической техноёмкости приземных слоев атмосферы  $t_1$  ландшафтных провинций с географической широтой  $\phi$ .

Заметим также, что уравнение регрессии  $t_1 = f(\phi)$  имеет минимум  $t_1 = 725,26$  усл. т/год км<sup>2</sup> при  $\phi = 61,2^\circ$  с.ш. К югу и северу от точки минимума значения  $t_1$  в связи с соответствующим возрастанием скорости ветра также возрастают.

Ландшафтным провинциям зональной области тайги Западной Сибири (Приложение Т1) характерна незначительная территориальная изменчивость  $t_1$  (рис. 4.2) со средним квадратическим отклонением  $t_1$ , равным 12,9%.

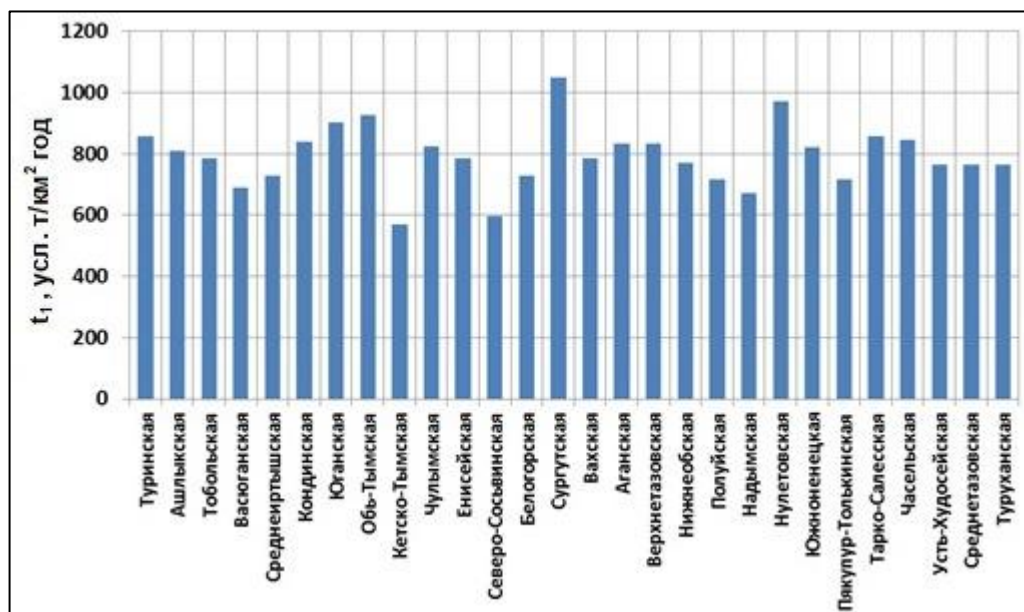


Рисунок 4.2 - Удельная экологическая техноемкость приземных слоев атмосферы  $t_1$  ландшафтных провинций зональной области тайги

Заметим также, что лишь в 12-ти из 28-ми ландшафтных провинций зональной области тайги значения  $t_1$  превышают его среднее значение.

В результате расчетов и анализа установлено, что в зональных областях лесотундры и тундры значения  $t_1$  к северу достоверно возрастают, достигая максимума (1527,3 усл.т/год км<sup>2</sup>) в Юрибейской и Северогыданской ландшафтных провинциях (рис.4.3).

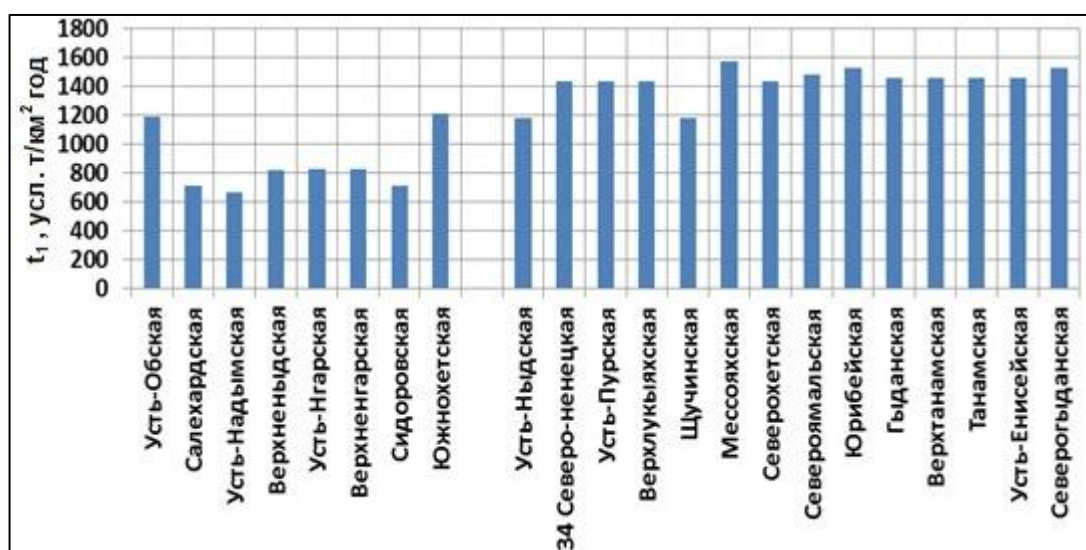


Рисунок 4.3 - Удельная экологическая техноемкость приземных слоев атмосферы  $t_1$  ландшафтных провинций зональных областей лесотундры и тундры

В результате расчетов и анализа значений  $t_1$  целесообразно выполнить дифференциацию исследуемой территории на различные типы с характерными значениями удельной экологической техноёмкости приземных слоев атмосферы (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Типизация территорий по удельной экологической техноёмкости приземных слоев атмосферы

Типы территорий	Названия провинций	Значения $t_1$ , усл. т/км <sup>2</sup> год
высокой $t_1$	42 Мессояхская, 45 Юрибейская, 50 Северогыданская, 44 Североямальская, 46 Гыданская, 47 Верхтанамская, 48 Танамская, 49 Усть-Енисейская	больше 1457,9
повышенной $t_1$	34 Северо-ненецкая, 39 Усть-Пурская, 40 Верхлукыхская, 43 Северохетская, 38 Южнохетская	1434,7 - 1214,9
средней $t_1$	29 Усть-Обская, 33 Усть-Ныдская, 41 Щучинская, 14 Сургутская, 21 Нулетовская, 7 Юганская, 8 Обь-Тымская	1191,8 - 902,5
пониженной $t_1$	1 Туринская, 24 Тарко-Салесская, 25 Часельская, 3 Тобольская, 6 Кондинская, 10 Чулымская, 16 Аганская, 17 Верхнетазовская, 35 Усть-Нгарская, 36 Верхненгарская, 22 Южноненецкая, 32 Верхненыдская, 2 Ашлыкская, 11 Енисейская, 15 Вахская, 18 Нижнеобская, 26 Усть-Худосейская, 27 Среднетазовская, 28 Туруханская	856,2 - 763,7
низкой $t_1$	5 Среднеиртышская, 13 Белогорская, 19 Полуйская, 23 Пякупур-Толькинская, 30 Салехардская, 37 Сидоровская, 4 Васюганская, 20 Надымская, 31 Усть-Надымская, 12 Северо-Сосьвинская, 9 Кетско-Тымская	728,9 - 570,8

Анализ приводимых в Научно-прикладном справочнике (НПС, вып. 9, 17, 20) немногочисленных данных о временной изменчивости годовых величин скорости ветра, позволил сделать вывод о том, что для предварительной оценки вероятных значений скорости ветра на исследуемой территории допустимо принять значение коэффициента вариации одинаковым и равным  $C_v = 0.5$  при соотношении  $C_s/C_v = 1,5$ .

С учетом этого были выполнены расчеты значений  $t_1$  обеспеченностью 75 и 95%, то есть для лет со слабыми ветрами и малыми значениями  $t_1$ ,

повторяемостью соответственно один раз в 4 года и один раз в 20 лет (Приложение Т1).

Внутригодовая изменчивость ветрового режима неизбежно формирует разные по величине значения экологической техноемкости в разные сезоны и месяцы календарного года. Это обстоятельство имеет особое значение не только для оценки и нормирования воздействия содержащихся в приземных слоях загрязняющих веществ на состояние растительного и почвенного покрова ландшафтных провинций, но и в не меньшей степени для нормирования состояния воздушной среды селитебных территорий.

В связи с этим были рассчитаны месячные значения экологической техноемкости приземных слоев атмосферы ряда населенных мест, расположенных в разных зональных областях изучаемой территории. Это позволило обнаружить общие и особенные черты внутригодового распределения экологической техноемкости в разных природных зонах региона (рис. 4.4 – 4.8).



Рисунок 4.4 - Внутригодовое распределение экологической техноемкости приземных слоев атмосферы, %

Анализ внутригодового распределения экологической техноемкости показал, что в пределах всей зональной области тундры (рис. 4.4) месяцем с

минимальной экологической технoемкостью, то есть с минимальной предельно допустимой эмиссией загрязняющих веществ в атмосферу, является июль.



Рисунок 4.5 - Внутригодичное распределение экологической технoемкости приземных слоев атмосферы, %



Рисунок 4.6 - Внутригодичное распределение экологической технoемкости приземных слоев атмосферы, %

С большой вероятностью можно утверждать, что в лесотундре (Салехард, Надым) месяцем с минимальной предельно допустимой эмиссией загрязняющих веществ в атмосферу, обеспечивающей экологическую безопасность, является декабрь.



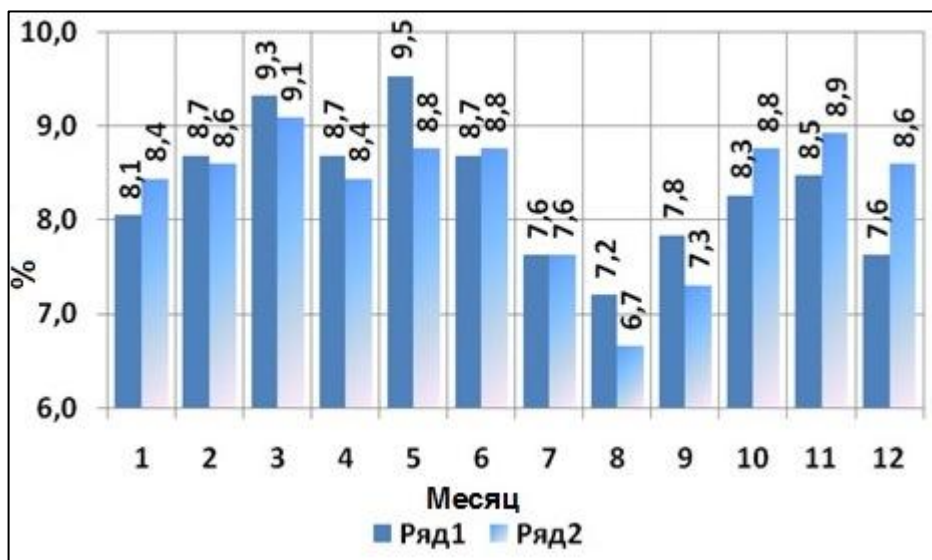


Рисунок 4.7 - Внутригодовое распределение экологической техноёмкости приземных слоев атмосферы, %  
(ряд 1 – Тобольск, ряд 2 – Ханты-Мансийск)

В среднем Приобье (Тобольск, Ханты-Мансийск, Сургут) месяцем с минимальной предельно допустимой эмиссией загрязняющих веществ в атмосферу, обеспечивающей экологическую безопасность, является август.

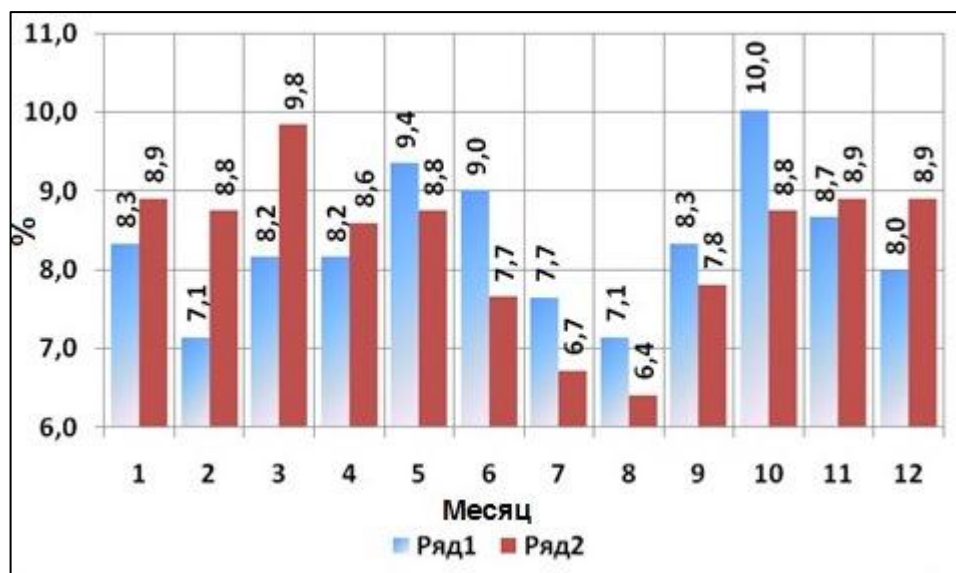


Рисунок 4.8 - Внутригодовое распределение экологической техноёмкости приземных слоев атмосферы, % (Ряд 1 – Сургут, Ряд 2 – Тюмень)



В южных районах зональной области тайги месяцами с минимальной предельно допустимой эмиссией загрязняющих веществ в атмосферу, обеспечивающей экологическую безопасность, являются июль и август.

Таким образом, величина и территориальное распределение экологической техноёмкости ландшафтных провинций, а также и городских агломераций, являются результатом реализации взаимодействия зональных и локальных природных факторов.

#### **4.3 Экологическая техноёмкость ресурсов поверхностных вод ландшафтных провинций**

В соответствии с методикой, изложенной в главе 2, экологическая техноёмкость ресурсов поверхностных вод представляет собой предельно допустимую эмиссию загрязняющих веществ в поверхностные воды исследуемой территории - субъект федерации, речной бассейн, ландшафтная провинция и т.п. При этом подразумевается, что в общей массе нормируемого содержания загрязняющих веществ (экологической техноёмкости) ЗВ могут быть как естественного, так и антропогенного происхождения.

В расчетах удельной экологической техноёмкости  $t_2$  (усл. т/км<sup>2</sup>) и экологической техноёмкости ресурсов поверхностных вод исследуемой территории  $T_2$  (усл. т.), при прочих равных условиях определяющее значение имеет назначение расчетной величины коэффициента относительной опасности примесей  $A_2$  (2.16), содержащихся в поверхностных водах. Как отмечалось, значение  $A_2$  достоверно может быть рассчитано и принято на основании информации о фактическом или предполагаемом поступлении в водную среду приоритетных загрязнений и их токсичности. При современном уровне гидрохимической изученности природных вод исследуемой территории установление значений  $A_2$  для речных бассейнов и расположенных на них ландшафтных провинций не представляется возможным.

Вместе с этим анализ имеющихся немногочисленных данных гидрохимических наблюдений показал, что значения параметра  $A_2$  для рассмотренных случаев варьируют от 0,12 до 0,46 и должны приниматься тем меньше, чем выше токсичность назначаемого за эталон приоритетного загрязнения. В связи с этим до накопления массовых гидрохимических данных было принято допустимым и обоснованным назначить в расчетах экологической техноемкости ресурсов поверхностных вод  $t_2$  ландшафтных провинций значение  $A_2 = 0,3$ .

Исходя из этого, и на основании воднобалансовых расчетов были рассчитаны значения удельной экологической техноемкости суммарного годового стока  $t_2$ , его поверхностной  $t_1$  и грунтовой  $t_2$  составляющих, а также суммарной годовой экологической техноемкости 95% обеспеченности  $t_{2\ 95\%}$  (Приложение Т2).

Определяющее влияние зональных факторов на величину и территориальное распределение  $t_2$  наиболее отчетливо проявляется в наибольшей по размеру зональной области тайги (рис. 4.9; 4.10).



Рисунок 4.9 - Удельная экологическая техноемкость поверхностных вод ландшафтных провинций  $t_2$  зональной области тайги Западной Сибири в средний год

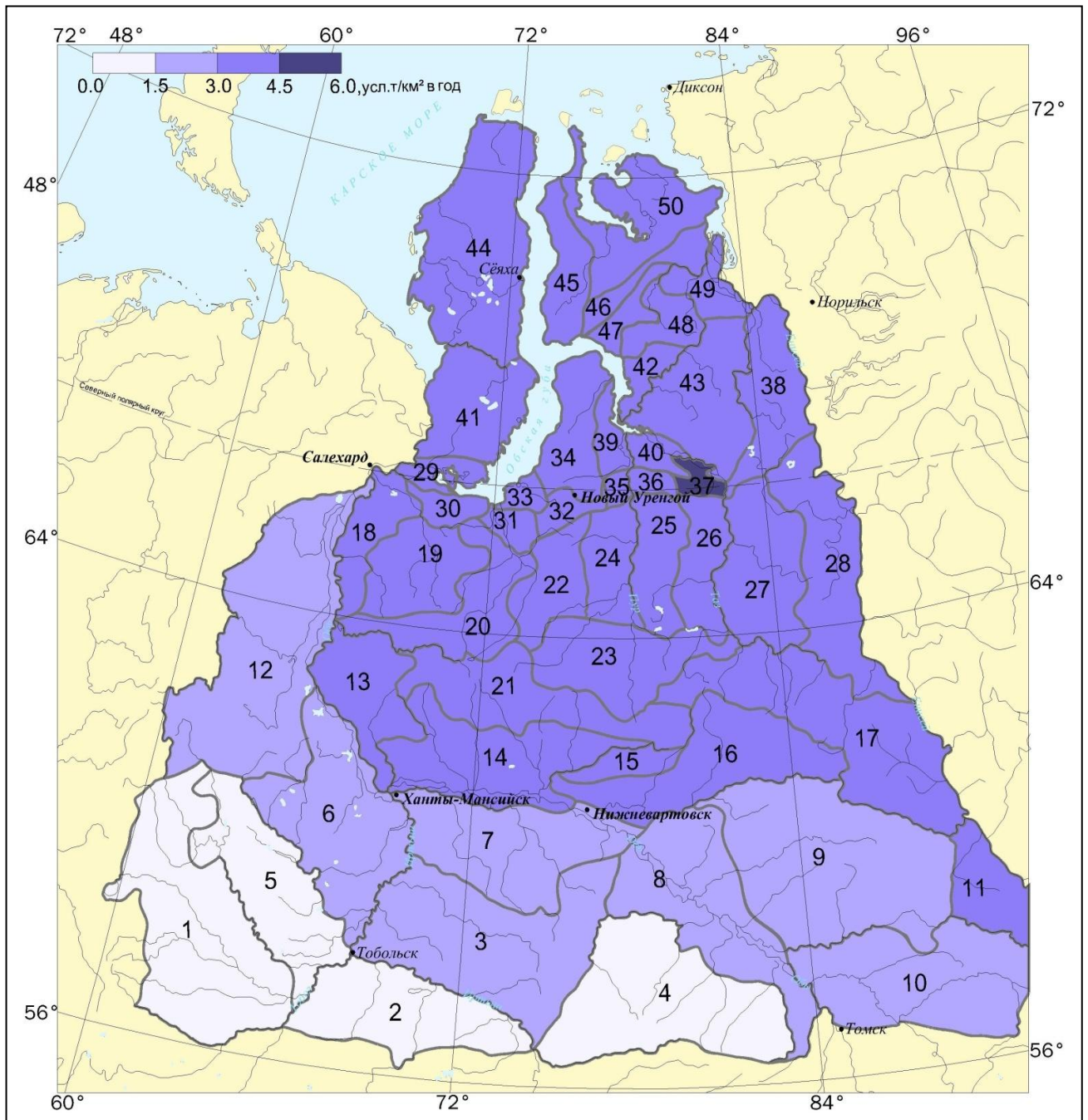


Рис. 4.10 Картограмма  $t_2$  ландшафтных провинций

При этом «пиковые» (то есть отличные от зональных) значения  $t_2$  в провинциях №№ 7, 9, 11, 13 и 17 являются результатом более благоприятных условий формирования стока в этих провинциях (Приложение С) а, следовательно, и удельной экологической техноемкости поверхностных вод.

Временная изменчивость  $t_2$  определяется аналогичной изменчивостью речного стока. Выполненные расчеты и исследования показали, что в

ландшафтных провинциях зональной области тайги, значения коэффициентов вариации  $t_2$  имеют наибольшую территориальную изменчивость - от 0,248 (Верхнетазовская) до 0,649 (Ашлыкская) провинции. Соответственно в зональных областях лесотундры и тундры - от 0,230 (Сидоровская) до 0,354 (Верхнелукуяхская) провинции.

В соответствии с этим отношения годовых величин  $t_{2\ 95\%}/t_2$  (в маловодный и средний годы) составляют в среднем 0,560 в зональных областях лесотундры и тундры (рис. 4.11) и 0,489 в зональной области тайги (рис. 4.12).

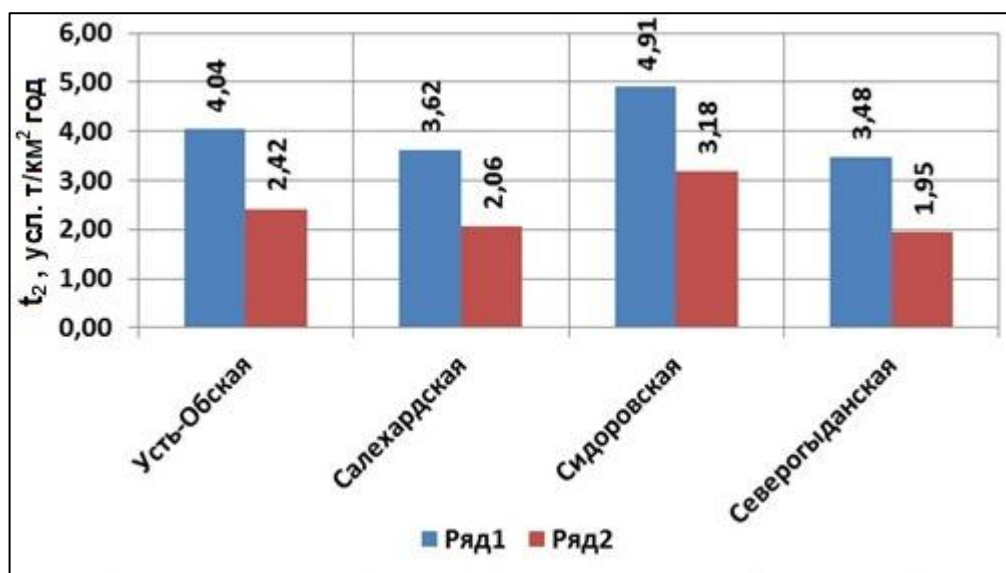


Рисунок 4.11 - Удельная экологическая техноёмкость  $t_2$  ландшафтных провинций зональных областей тундры и лесотундры (ряд 1 – средний год; ряд 2 – год 95% обеспеченности)

Таким образом, достижение экологической безопасности природных вод (и водных объектов) ландшафтных провинций в маловодные годы предполагает снижение эмиссии загрязняющих веществ ( $m_2$ , усл.т/км<sup>2</sup>) до значений, не превышающих величин удельной экологической техноёмкости соответствующей обеспеченности  $t_{2\ p\%}$  ( $m_2 < t_{2\ p\%}$ ).

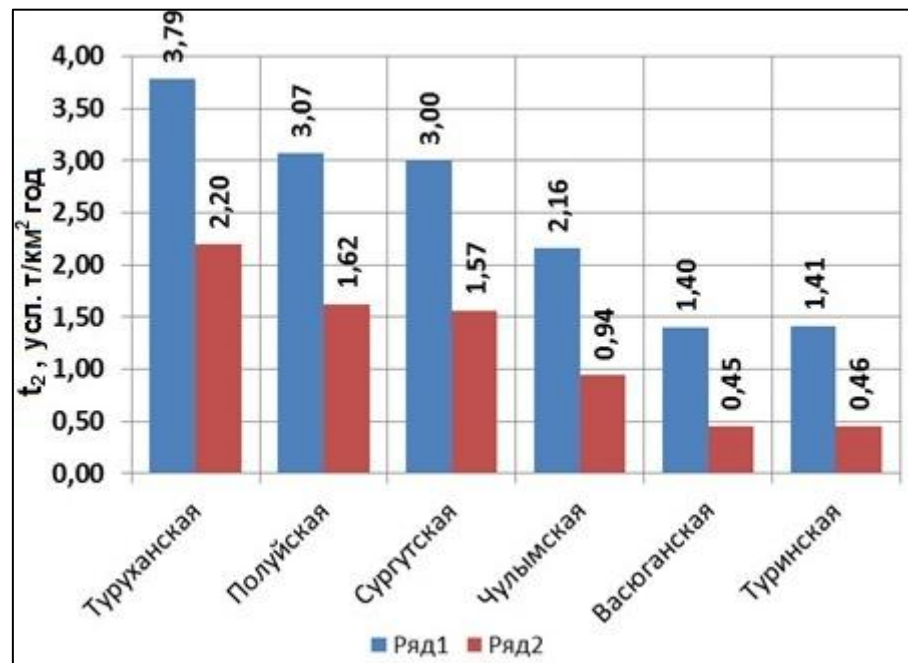
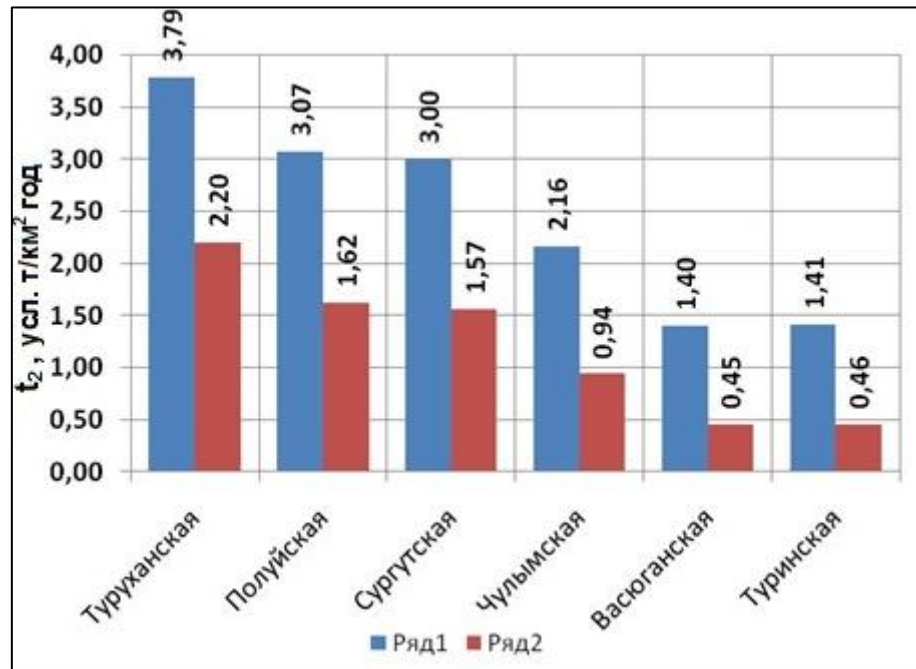


Рисунок 4.12 - Удельная экологическая техноёмкость  $t_2$  ландшафтных провинций зональной области тайги (ряд 1 – средний год; ряд 2 – год 95% обеспеченности)

Распределение удельной экологической техноёмкости  $t_2$  ландшафтных провинций не может быть иным, чем внутригодовое распределение годового стока и его составляющих. В связи с этим, учитывая одинаковый вид питания и стока и, несмотря на незначительные отличия в режиме стока рек по месяцам,

допустимо охарактеризовать внутригодовое распределение стока в виде обобщенного гидрографа с весенним половодьем, осенним паводком, летней и осенне-зимней меженью (рис. 4.13).

Не требует доказательства тот факт, что внутригодовое распределение  $t_2$  в обобщенном виде не может отличаться от внутригодового распределения стока. При этом с позиций обеспечения экологической безопасности поверхностных вод внутри года наибольшего внимания заслуживают наименьшие в году величины стока за летнюю и зимнюю межень и определяемые ими значения удельной экологической техноемкости  $t_2$  в эти периоды.

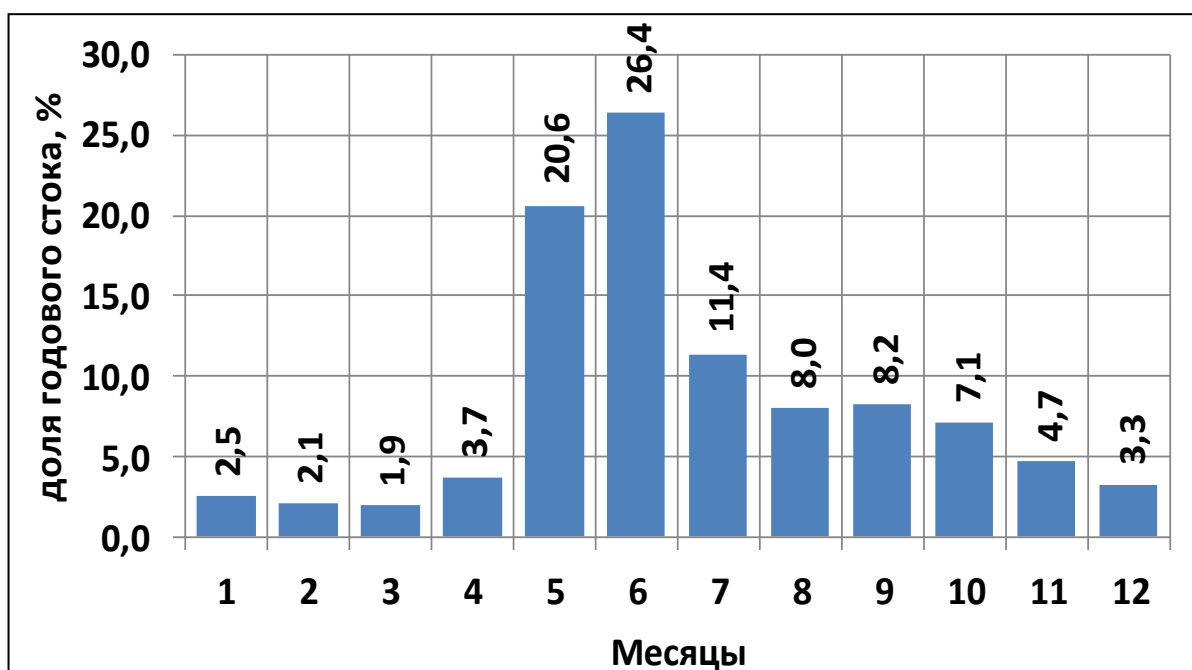


Рисунок 4.13 - Обобщенный гидрограф годового стока ландшафтных провинций

Дополнительно подчеркнем, что именно значения  $t_2$  за меженный период лимитируют эмиссию загрязняющих веществ  $m_2$  различного происхождения.

Таким образом, рассчитанные значения удельной экологической техноемкости поверхностных вод ландшафтных провинций  $t_2$  численно характеризуют изменяющуюся в пространстве и времени предельно допустимую эмиссию загрязняющих веществ, сформированную в результате совокупного воздействия зональных (климатических) и локальных (строение ландшафтных провинций) факторов.



Полученные значения  $t_2$  имеют универсальный характер, поскольку позволяют в параметрической форме (параметр  $A_2$ ) учесть изменяющуюся по территории и во времени структуру и приоритетность загрязняющих веществ в природных водах. Накопление данных гидрохимических наблюдений позволит выполнять оперативную во времени корректировку  $t_2$  и, следовательно, выполнять аналогичную корректировку объемов эмиссии загрязнения природных вод.

#### 4.4 Экологическая техноёмкость фитоценозов ландшафтных провинций

Количественная оценка экологической техноёмкости фитоценозов ландшафтных провинций выполнялась в соответствии с научно-методическими рекомендациями, изложенными в работе [21] и в главе 2 (пп. 2.1 и 2.2). При этом в расчетных зависимостях для годичной продукции  $P_B$  (т/км<sup>2</sup>) и для запаса фитомассы  $B$  (тыс.т/км<sup>2</sup>), использовались уравнения:

$$P_B = -4084,2 \cdot \left(\frac{KX}{Z_K}\right)^2 + 3644,6 \cdot \left(\frac{KX}{Z_K}\right) - 96,44 \quad (4.1)$$

$$B = -379,2 \cdot \left(\frac{KX}{Z_K}\right)^3 + 371,63 \cdot \left(\frac{KX}{Z_K}\right)^2 - 68,94 \cdot \left(\frac{KX}{Z_K}\right) + 2,85 \quad , \quad (4.2),$$

в которых  $KX$  – сумма атмосферных осадков за год;

$Z_K$  – водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов климата.

Значения расчетных параметров, а также результаты расчетов  $P_B$  (т/км<sup>2</sup>) и  $B$  (тыс. т/км<sup>2</sup>) представлены в Приложении ТЗ.

По результатам расчетов составлены картограммы годичной продукции  $P_B$  (рис. 4.14) и запаса фитомассы  $B$  (рис. 4.15) ландшафтных провинций.

Представилось интересным с научной и практической точек зрения исследование связей  $P_B$  и  $B$  с относительной ( $W/W_{нв}$ ) (в долях наименьшей влагоемкости  $W_{нв}$ ) и абсолютной  $W$  влажности 100 см слоя почвы при значениях наименьшей  $W_{нв}$  и полной  $W_{пв}$  влагоемкости, соответственно равных 350 и 500 мм. Графическое отображение результатов приводится на рис. 4.16 – 4.18.

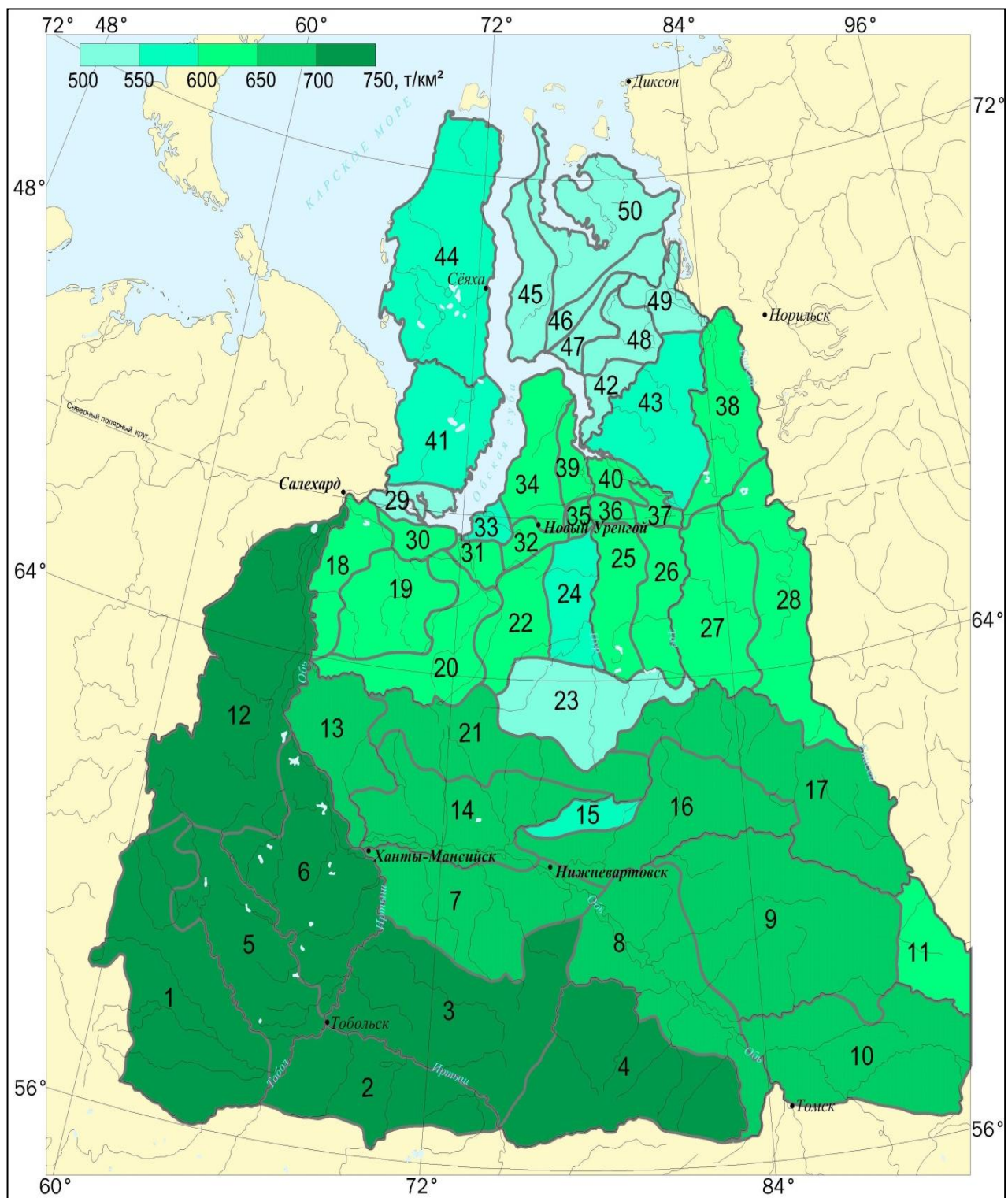


Рисунок 4.14 - Картограмма распределения годичной продукции ландшафтных провинций - Рв



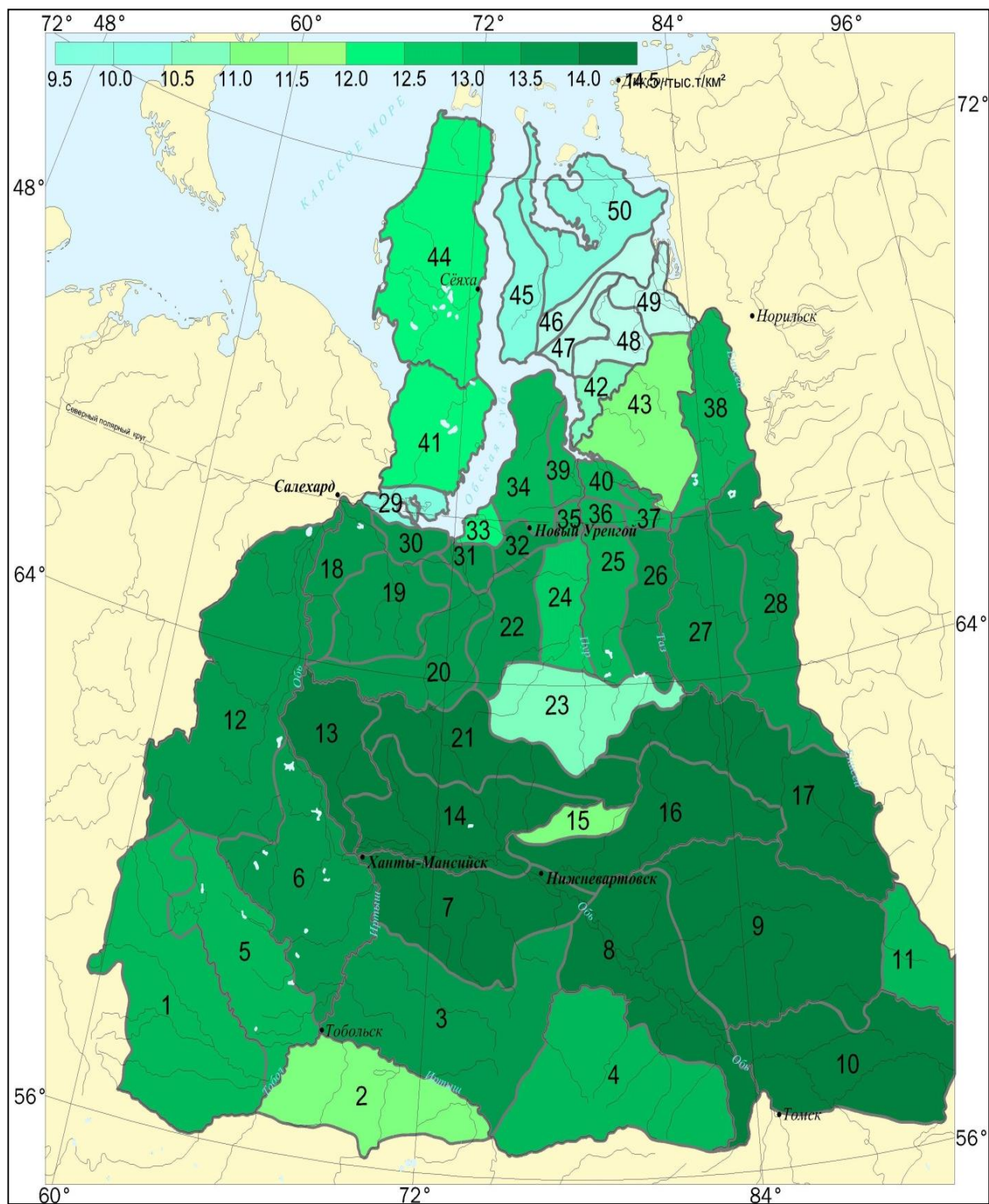


Рисунок 4.15 - Картограмма распределения запаса фитомассы ландшафтных провинций - В.

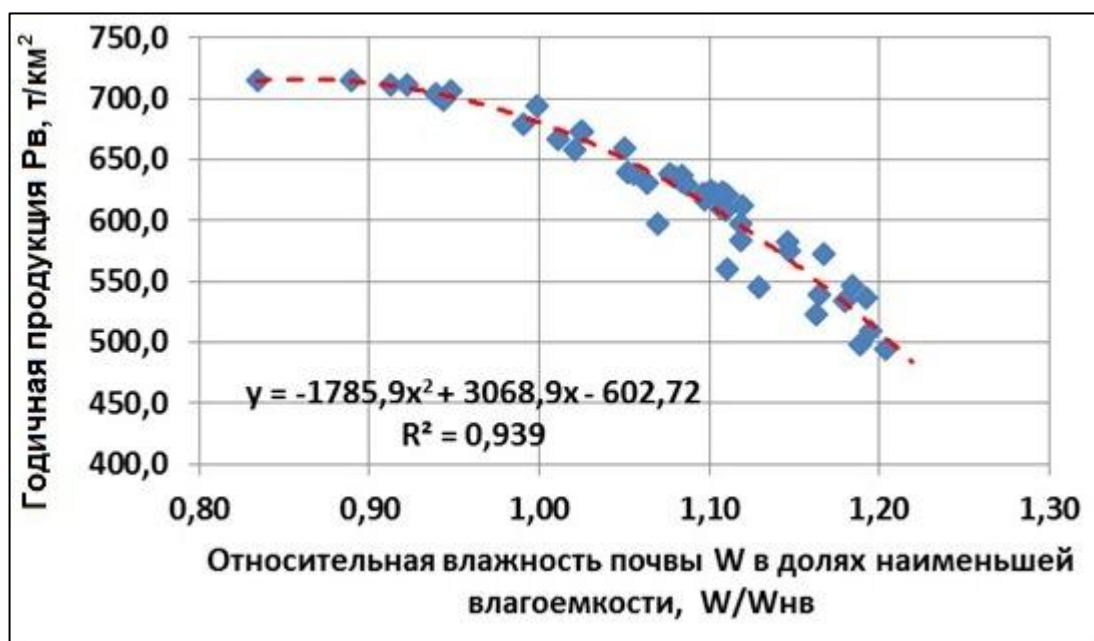


Рисунок 4.16 - График связи годичной продукции  $P_{\text{в}}$  и относительной влажности почвы  $W/W_{\text{нв}}$

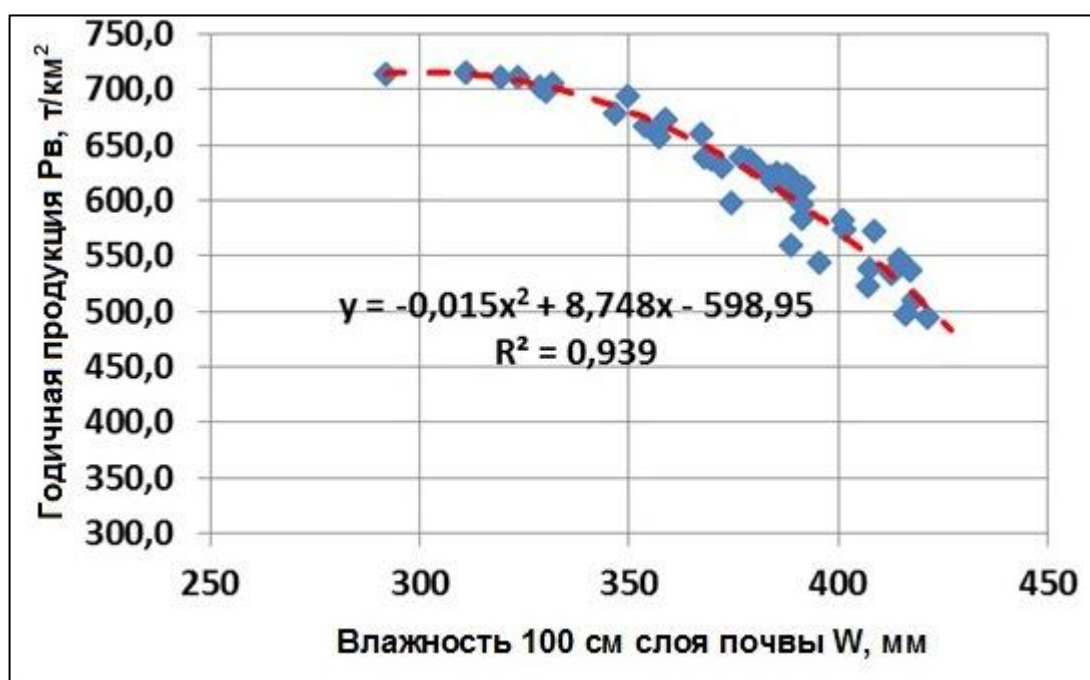


Рисунок 4.17 - График связи годичной продукции  $P_{\text{в}}$  и влажности почвы  $W$ , мм.

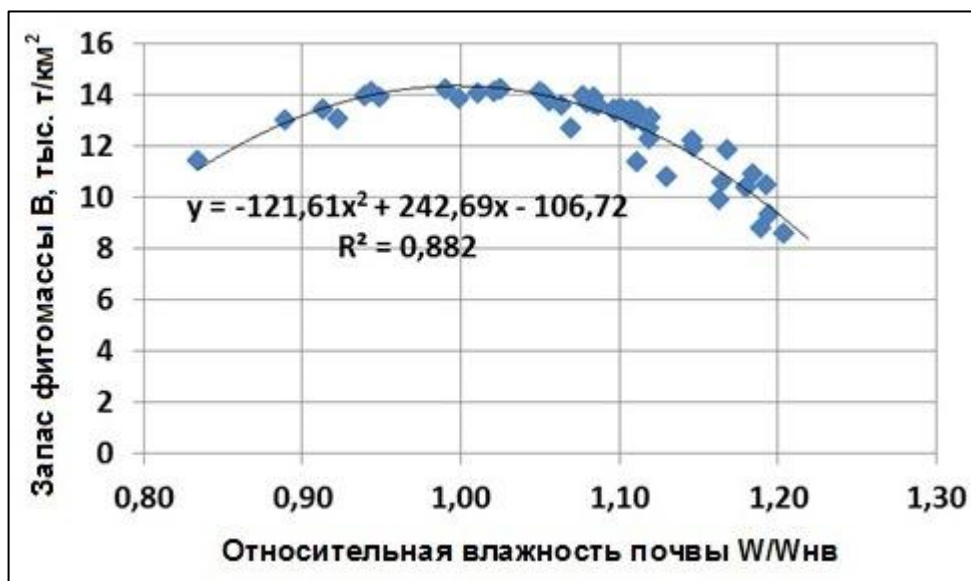


Рисунок 4.18 - График связи фитомассы В  
и относительной влажности почвы  $W/W_{нв}$

Данные связи достаточно достоверно описываются полиномами второй степени. При этом каждая из полученных кривых имеет максимум при соответствующих значениях  $W/W_{нв}$  или  $W$ . Так, максимум годичной продукции  $P_B = 715,7$  т при  $W/W_{нв} = 0,86$  и  $W = 300$  мм, то есть при значении влажности почвы ниже верхнего оптимума увлажнения, обычно принимаемого равным  $W_{нв}$ .

Максимуму фитомассы  $B = 14,36$  тыс. т соответствует влажность почвы  $W = W_{нв} = 350$  мм.

Расчеты показали, что только в восьми ландшафтных провинциях исследуемой территории - Туринской, Ашлыкской, Тобольской, Васюганской, Среднеиртышской, Кондинской, Обь-Тымской и Чулымской - в средний многолетний год влажность 100 см слоя почвы отмечается ниже наименьшей влагоемкости ( $W/W_{нв} = 0,83-0,99$ ). В остальных провинциях относительная влажность  $W/W_{нв} \geq 1,0$  и достигает максимума  $W/W_{нв} = 1,20-1,22$  - в Гыданской ландшафтной провинции. В этой провинции из-за низкой теплообеспеченности ( $Z_m = 344$  мм) годичная продукция и запас фитомассы минимальны.

По результатам расчетов (Приложение ТЗ) составлена картограмма удельной экологической техноемкости фитоценозов  $t_3$  (рис. 4.19).



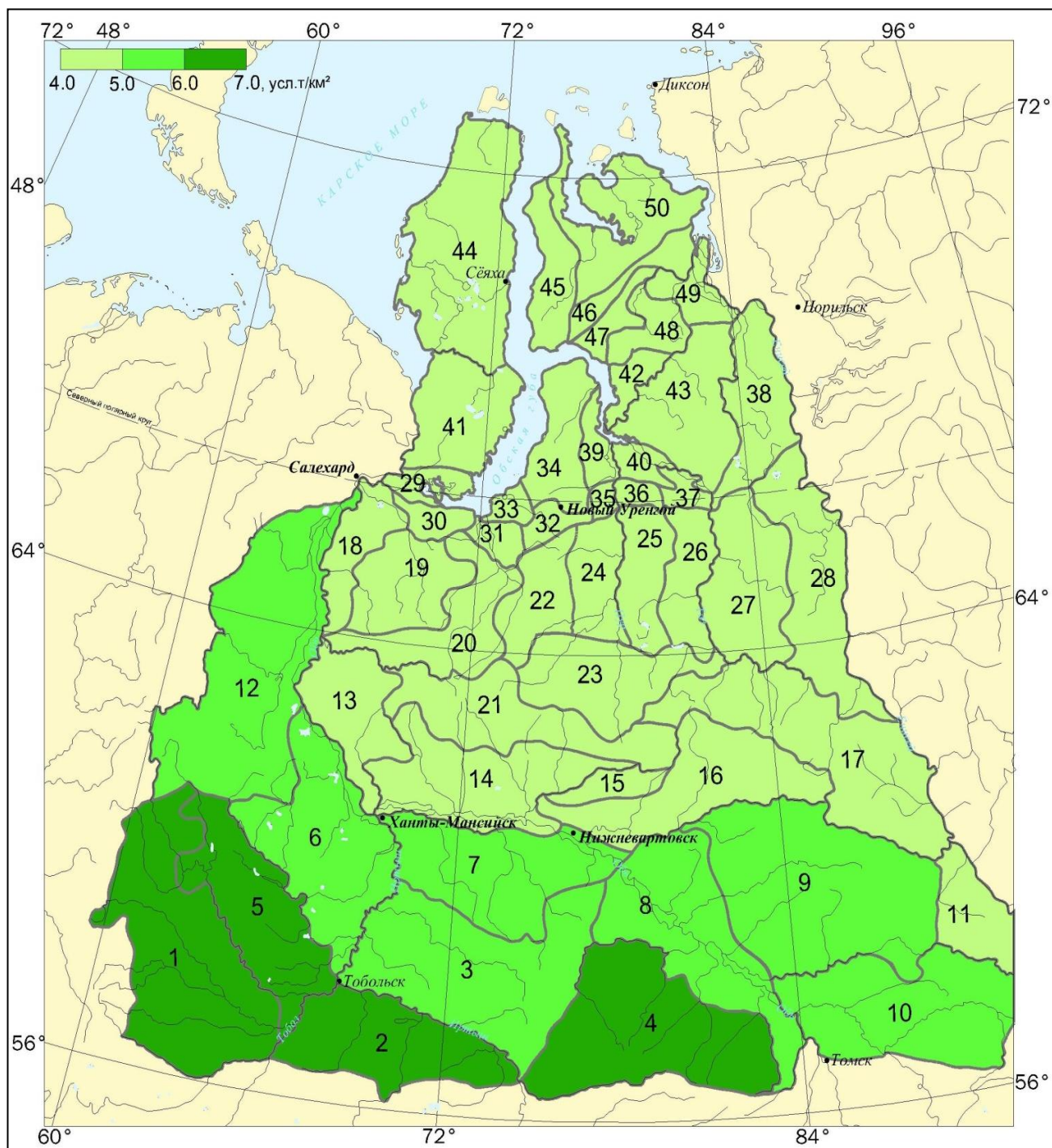


Рисунок 4.19 - Картограмм распределения удельной экологической техноемкости фитоценозов  $t_3$  ландшафтных провинций.

Сопоставление распределения значений  $t_3$  и  $KX/Z_k$  представлено на рис. 4.20.

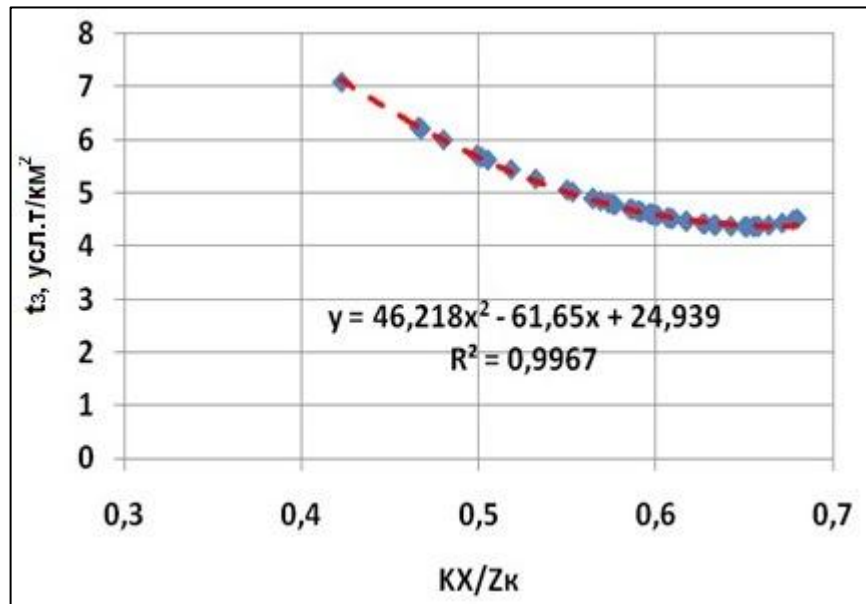


Рисунок 4.20 - График связи среднемноголетних значений  $t_3$  и  $KX/Z_k$

Из уравнения связи  $t_3 = f(KX/Z_k)$  следует, что при  $KX/Z_k$ , равном 0,667, значение удельной экологической техноемкости фитоценозов имеет минимум, равный  $4,38 \text{ усл.т./км}^2$ . Установлено также (рис. 4.21), что близкий по значению минимум удельной экологической техноемкости фитоценозов, равный  $4,39 \text{ усл.т./км}^2$ , соответствует показателю относительной влажности почвы -  $W/W_{\text{нв}} = 1,23$ .

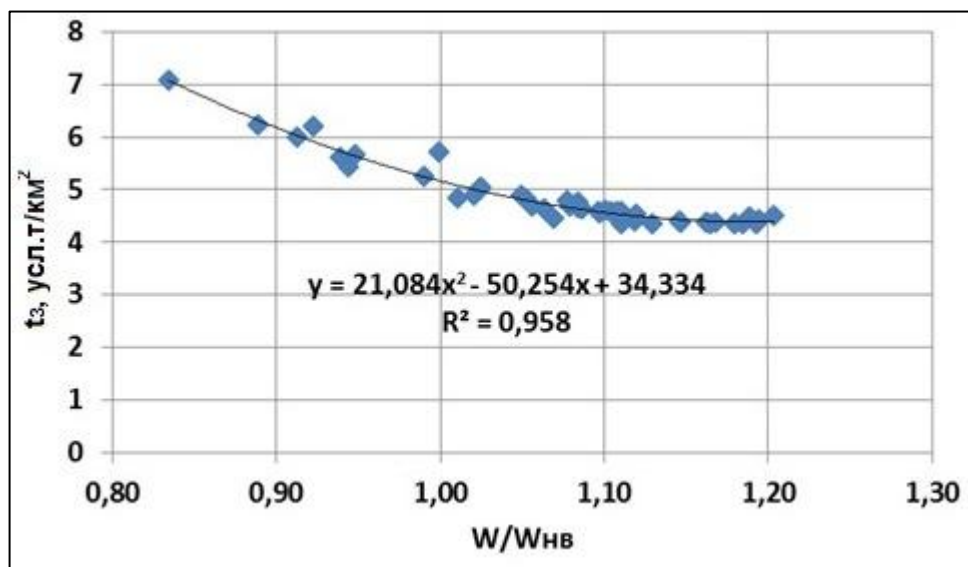


Рисунок 4.21 График связи  $t_3$  и относительной влажности почвы  $W/W_{\text{нв}}$

Интересной с научной и практической точек зрения является достаточно надежная связь удельной экологической техноемкости  $t_3$  и ежегодной годичной продукции  $P_v$  (рис. 4.22). При этом с возрастанием  $P_v$  достоверно возрастает и значение  $t_3$ .

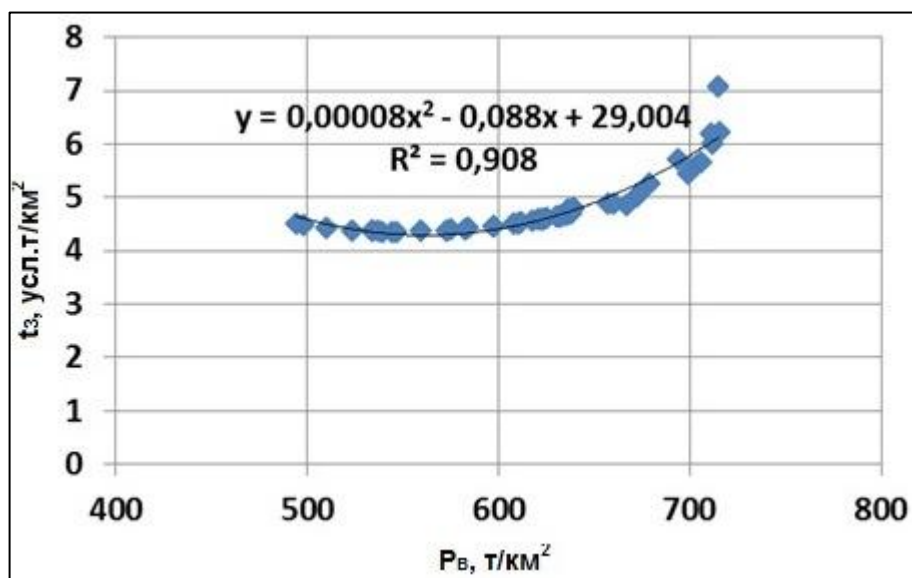


Рисунок 4.22 - График связи  $t_3$  и  $P_v$ .

С большой вероятностью можно утверждать, что величина удельной экологической техноемкости ландшафтных провинций определяется, прежде всего, величиной годичной продукции  $P_v$ . На исследуемой территории этот показатель имеет максимум  $711,36 \text{ т/км}^2$  при относительной влажности почвы  $W/W_{\text{нв}}=0,856$ , обеспечивающей оптимальный водно-воздушный режим деятельного слоя почвы.

Таким образом, территории Западно-Сибирского Севера обладают разной экологической техноемкостью. Значения этого показателя определяют, главным образом, параметры ЭТТ фитоценозов: чем они выше, тем больше и суммарное значение ЭТТ.

Типы территорий по удельной экологической техноемкости поверхностных вод и фитоценозов представлены в таблице 4.3.

**Таблица 4.3 – Типизация территорий по удельной экологической  
техноёмкости поверхностных вод и фитоценозов**

Типы территорий	Названия провинций	Значения $t_2+t_3$ , усл. т/ км <sup>2</sup> год
высокой $t_2+t_3$	17-Верхнетазовская, 37-Сидоровская	больше 9,01
повышенной $t_2+t_3$	13-Белогорская, 21-Нулетовская, 22-Южноненецкая, 26-Усть-Худосейская, 27-Среднетазовская, 28- Туруханская, 32-Верхненыдская,	8,51-9,00
средней $t_2+t_3$	12-Сосьвинская, 20-Надымская, 23-Пякупур- Толькинская, 24-Тарко-Салесская, 29-Усть-Обская, 30- Салехардская, 31-Усть-Надымская, 35-Усть-Нгарская, 36-Верхненгарская,	8,01-8,50
пониженной $t_2+t_3$	2-Ашлыкская, 4-Васюганская, 10-Чулымская, 11- Енисейская, 14-Сургутская, 15-Вахская, 16-Аганская, 18-Нижеобская, 19-Полуйская, 25-Часельская, 29- Усть-Обская, 38-Южнохетская, 41-Щучинская, 43- Северохетская, 44-Североямальская, 45-Юрибейская, 47-Верхтанамская, 46-Гыданская, 48-Танамская, 49- Усть-Енисейская, 50-Северогыданская	7,51-8,0
низкой $t_2+t_3$	1-Туринская, 3-Тобольская, 5-Среднеиртышская, 6- Кондинская, 7-Юганская, 8-Обь-Тымская, 9-Кетско- Тымская, 33-Усть-Ныдская, 34-Североненецкая, 39- Усть-Пурская, 40-Верхнелукуяхская, 42-Мессояхская	менее 7,50

Динамика показателей экологической техноёмкости, в свою очередь, влияет на стабильность функционирования экосистемы и её устойчивость к внешним воздействиям.

#### **4.5 Эколого-географическая оценка региональных геосистем и прогноз их дальнейшего развития**

Устойчивость ландшафтных провинций - экосистем Западно-Сибирского Севера, их экологическая ёмкость, определяемая, главным образом гидрометеорологическими режимами, в значительной степени зависит и от социально-экономического развития региона. Если «природные» эколого-географические характеристики (экологическая техноёмкость приземных слоёв воздуха, поверхностных вод и фитоценозов) сформировались в результате внутренних взаимодействий в системе, и, в значительной степени, способствуют её самосохранению, то социально-экономические характеристики

территориальных систем региона, скорее, относятся к внешним параметрам. В совокупности, вышеназванные характеристики формируют условия для обеспечения устойчивости экосистемы, ненарушенности её структурных и функциональных свойств.

Хозяйственный потенциал субъектов Западно-Сибирского Севера отражают основные демографические, социальные, экономические и производственные показатели Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов (ЯНАО и ХМАО). Их количественные значения во многом связаны с природно-ресурсным потенциалом (ПРП).

Природно-климатические условия ЯНАО являются следствием его местоположения в полярных широтах. Более половины территории округа лежит за Полярным кругом ( $66,5^{\circ}$  с.ш.) и своими северными границами «выходит» на побережье Северного Ледовитого океана [59, 115, 120, 161]. С этим связаны неравномерное поступление суммарной солнечной радиации в течение года, низкие, до  $-25^{\circ}\text{C}$ , показатели средних зимних температур воздуха и большие годовые амплитуды температур –  $76^{\circ}$ - $88^{\circ}$ .

Территория ЯНАО относится к зонам наибольшего (тундра и лесотундра) и повышенного дискомфорта климата. Природно-климатические условия оказывают значительное влияние на жизнедеятельность населения округа, развитие комплекса социальной и экономической инфраструктуры, демографические и производственные показатели.

ЯНАО является сырьевым регионом федерального (и мирового) значения. Его современное развитие связано в основном с добычей полезных ископаемых, более 99,8% которых составляют топливно-энергетические. В перспективе сырьевая специализация региона сохранится. Кроме добычи и транспортировки углеводородов (открыто более 200 месторождений, разрабатывается более 60, из которых почти два десятка подготовлено к промышленной эксплуатации) [121, 127, 173], также весьма высок рудный потенциал территорий Полярного Урала, входящих в ЯНАО. Это энергетический уголь, цеолиты, фосфориты, бариты, а также урановые, марганцевые, хромовые, железные руды.



Но специализированные перерабатывающие производства в ЯНАО также будут развиваться. В частности, это производство электроэнергии. В настоящее время электростанции ЯНАО (гг. Ноябрьск и Надым) на основе ресурсов природного газа вырабатывают электроэнергию, производство которой составляет 0,4% от общероссийского показателя. Планируется дальнейшее развитие производств, связанных выпуском синтетических жидких топлив (пос. Пангоды), с переработкой попутного нефтяного газа (пос. Вынгапур и Губкинский), с выпуском полиэтилена высокого давления (г. Новый Уренгой).

Таким образом, предприятия нефтегазохимии, как перспективного (рыночного, или конъюнктурного) направления развития экономики региона, нефте- и газодобычи, заготовительных производств, несомненно, нуждаются в научном обосновании геоэкологических параметров своего воздействия на окружающую природную среду.

Ханты-Мансийский округ (ХМАО) расположен в центральной части Западно-Сибирской равнины. На севере округ граничит с ЯНАО, поэтому природные условия двух основных территорий региона исследования во многом схожи [26, 59, 84, 120, 124, 125, 161, 172]. Это преимущественно равнинный рельеф, способствующий проникновению холодных арктических масс с севера, резко континентальный климат (средние температуры января  $-22^{\circ}$  -  $24^{\circ}\text{C}$ , июля – от  $+16^{\circ}\text{C}$  до  $+18^{\circ}\text{C}$ ). При общем количестве осадков до 550 мм, почти 15% их суммы выпадает летом, в июле. Гидрографическая сеть ХМАО представлена транзитными реками (Обь и Иртыш) и местными водотоками, числом около 30 тысяч, большим количеством озёр и болот [91, 109, 124, 125]. Почвенный покров (аллювиальные почвы по долинам рек, дерновые, луговые и болотные почвы на равнинных участках) способствует формированию темно- и светлохвойных, мелколиственных и смешанных заболоченных лесов, по поймам рек и низинам – лугов, на болотах – ягодников [56, 84, 172, 174].

Хозяйственный комплекс округа формируют такие виды экономической деятельности как добыча полезных ископаемых (90,5%); производство и распределение электроэнергии, газа и воды (6,3%), обрабатывающие

производства (3,2%). В стоимостной оценке объёмов производства полезных ископаемых доля топливно-энергетических составляет 99,9%. Это определяет огромное значение ХМАО-Югры для экономики и энергетической безопасности России. Доля округа в общероссийской добыче нефти составляет 48,8%, газа – 5,0%. На электроэнергетических предприятиях округа производится почти 7,92% общероссийской продукции. Предприятия используют местное сырьё (газ).

Производственный профиль округа, сформированный предприятиями по добыче минерального топлива, нефти, выпуску продуктов их перегонки, битумов, древесины и изделий из неё невозможно отнести к числу экологически безопасных. Поэтому определение размеров воздействия хозяйствующих субъектов на окружающую природную среду для оценки степени экологической устойчивости экосистем региона является важной и объективно необходимой задачей.

К территориям Тюменской области, входящим в Западно-Сибирский Север, относятся Уватский, Тобольский районы и северная часть Вагайского района. Общая площадь этого региона составляет около 80 тыс. км<sup>2</sup>, то есть примерно около половины площади собственно Тюменской области (160,1 тыс. км<sup>2</sup>). По природным условиям Уватский район приравнен к районам Крайнего Севера, Тобольский и Вагайский районы – это южнотаёжная (кедрово-елово-пихтовые леса) территория, и представляет собой чередование возвышенных (Тобольский материк) и низменных мест с верховыми и низинными болотами [13, 26, 59]. Климат этой части Тюменской области континентальный, в различной степени суровый. Показатель суммарной солнечной радиации составляет 80-90 ккал/см<sup>2</sup>/год. Среднегодовая температура воздуха имеет отрицательный показатель. При средних многолетних температурах января в -19°-21°C, отмечен зимний минимум в Тобольске (-53°C). Средние многолетние температуры июля - +17°+18°C. Количество осадков – 420-480 мм с летним максимумом [161].

Такие климатические и почвенные (торф, плотные суглинки) условия мало способствует сельскохозяйственному освоению территории. Пашня распространена в основном по поймам рек (Тобол, Иртыш) и в приречной полосе

надпойменных террас. Удельный вес пахотных земель (с дерново-подзолистыми и пойменными почвами) в Уватском и Тобольском районах не превышает 2 - 6% площади их земельных ресурсов [172]. Хозяйственное развитие Уватского района связано с нефтедобычей, в Тобольском районе специализация хозяйства в настоящее время (нефтехимический комбинат) и на перспективу (газохимический комплекс) связана с транспортировкой и переработкой углеводородного сырья.

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха, водных источников и почвенного покрова территорий этой части исследуемого региона также являются предприятия топливно-энергетического комплекса, занимающиеся добычей, транспортировкой и переработкой углеводородов. В перспективе их производственные мощности будут нарастать. Следовательно, оценка эколого-географических условий природопользования для соизмерения природного и производственного потенциалов территории является объективной и необходимой.

В исследуемый регион – Западно-Сибирский Север - территориями Александровского, Колпашевского, Верхнекетского районов и в значительной степени Парабельского и Каргасокского районов входит Томская область. Площадь этих территорий составляет более 200 тыс.км<sup>2</sup>, или почти 60% территории Томской области. Названные районы приравнены к районам Крайнего Севера и отличаются довольно суровыми природными условиями и сильной заболоченностью [57].

Рельеф территории представлен Кеть-Тымской и Васюганской равнинами, Обь-Тымской низменностью. Эти равнины плоские, высотные отметки колеблются от 50 м до 150 м, и сильно заболоченные [59, 84]. Болота во многом влияют на климат этой территории. Её местоположение (61°с.ш.-58°с.ш.) определяет континентальность климата. Годовое количество суммарной солнечной радиации составляет на широте Александровского 80-83 ккал/см<sup>2</sup> (3352-3478 МДж/м<sup>2</sup>), Колпашево 87 ккал/см<sup>2</sup> (3645 МДж/м<sup>2</sup>). В течение всего года преобладают континентальные умеренные воздушные массы (59-62%), влияющие на термический, ветровой режим территории и условия увлажнения. Годовая

температура воздуха имеет отрицательные значения (от -2,6 °С в Александровском, до -1,5 °С в Колпашево). Средняя температура января по этим пунктам – от -21,5° до -21,0°С; июля – от +17,1° до +17,9°С. Преобладающие ветры – южных румбов (юго-западные, южные, реже юго-восточные). Повторяемость ветров северных румбов возрастает при проникновении арктического воздуха, как летом, так и зимой. Годовое количество осадков составляет 450-500 мм, с летним максимумом [116].

Формы рельефа, условия теплообеспеченности и увлажнения обусловили развитость речной сети, обилие озёр и болот в северных районах Томской области [124, 125]. Суммарная протяжённость участка главной реки Оби и её правых притоков - рек Кеть, Тым и левых - рек Васюган, Парабель, Чая – все со своими притоками – составляет более 7 тыс. км. Здесь же расположены все 11 озёр, площадь водного зеркала которых превышает 10 км<sup>2</sup> (Большое, Варгато, Дикое, Елань, Иллипех, Имэмтор, Когозес, Мирное, Перельто, Якынр).

Повышенная обводнённость, суровость климата северных районов области, обусловили формирование дерновых, подзолистых и болотных почв с большой долей оглеения (на суглинистых, глинистых почвообразующих породах и речных наносах). Удельный вес переувлажнённых почв в общей площади северных районов превышает 75%. Зональный тип растительности, сформировавшей в таких условиях – это сосново-еловая тайга, интразональная растительность – торфяные болота и луга. Сосновые леса (боры-беломошники, лишайниковые боры), заболоченные сфагновые сосняки и темнохвойные леса занимают значительные площади в бассейне Тыма, Кети. В поймах реки Оби и её притоков распространены осоковые, ивово-берёзово-осоковые низинные болота, на междуречьях, высоких террасах – верховые, сосново-кустарничково-сфагновые болота. В низовьях Кети, Васюгана, Тыма распространены осоковые, разнотравно-злаковые луга [84].

Таким образом, породный состав лесов (растительности) таёжной зоны имеет сравнительно ограниченный характер. Это кедровая сосна и ель,

мелколиственные леса в сочетании с заболоченными сосняками и кедровниками. Заболоченные леса переходят в болота.

Отмеченные природные условия влияют на развитие отраслей и производств северных районов Томской области, формирование и распространение которых связано с ресурсным потенциалом данного региона. На севере Томской области имеется несколько десятков месторождений нефти, природного газа, сырья для строительных материалов, значительны запасы древесины. В частности, в Александровском районе, где имеются большие запасы нефти и газа, торфа, керамзитовых глин, лесных массивов ведутся и планируются разработки имеющихся природных ресурсов [116].

Динамика параметров воздействия хозяйственной деятельности на ОПС (выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сброс загрязнённых сточных вод в водные источники, забор и использование свежей воды из источников на производственные и другие нужды, лесные пожары) и результатов природозащитных мероприятий, возникающих вследствие улавливания загрязняющих веществ, лесовосстановительных работ, расширения площадей зелёных массивов в городах, приведена в табл. 4.4.

Таблица 4.4 - Природно-экологические показатели региона исследования

Показатель	Субъекты региона							
	ЯНАО		ХМАО		Тюменская область		Томская область	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Выбросы ЗВ в атмосферу от стационарных источников, тыс. тонн	1124	980	2294	2430	76	110	322	323
Улавливание ЗВ от станц.-х источников, тыс. тонн	5	0	9	3	22	50	261	325
Использование свежей воды, млн. м <sup>3</sup>	131	223	1560	1388	404	369	558	581
Объём оборотной и используемой воды, млн. м <sup>3</sup>	63	106	9218	8773	1291	1315	878	784
Сброс загрязнённых сточных вод в водные источники, млн.м <sup>3</sup>	48	34	42	41	100	92	8	24

Продолжение таблицы 4.4

Лесные пожары: число случаев	48	673	238	1646	1666	1035	149	547
-площадь, пройденная пожарами, га	199	57238	5248	125602	13390	5054	2113	256659
Лесовосстановление, тыс. га	4,8	0,5	20,5	20,9	7,8	7,1	11,0	18,4
Лесные ресурсы: площадь земель лесов, тыс. га,	32,3	32,3	50,3	50,4	11,4	11,4	28,9	28,9
-в том числе покрытая лесом, тыс. га	16,7	16,8	28,8	28,9	7,0	6,9	19,5	19,5
-лесистость, %	21,8	21,8	53,8	54,0	43,5	43,4	62,0	62,1
-общий запас древесины, млн. м <sup>3</sup>	1167,4	1159,3	3266,3	3280,0	927,0	928,8	2857	2855
Общая земельная площадь, млн.га	76,92	76,92	534,8	534,8	16,01	16,01	31,44	31,44
Сельскохозяйственные угодья, тыс. га	200,8	200,8	636,1	635,9	3383	3383	1371	1371
-процент от общей площади	0,3	0,3	1,2	1,2			4,4	4,4
Лесные земли, млн. га	20,17	20,17	286,9	286,9	7,11	7,11	19,9	19,9
-процент от общей площади	26,2	26,2	53,7	53,7	38,0	38,0	63,3	63,3
Поверхностные воды, включая болота, млн. га	26,5	26,5	23,12	23,11	5,12	5,11	9,78	9,78
-процент от общей площади	34,5	34,5	43,2	43,2	37,4	37,4	10,1	10,1
Площадь зелёных массивов и насаждений в городах, тыс. га	26,1		187,2		232,6		26,5	
- в т.ч. на одного жителя, м <sup>2</sup>	566,3		1354		863,7		370,5	

Оценка изменений ряда параметров указывает, что при сравнительно неизменных показателях естественного потенциала экосистем (площади земель лесов, общей земельной площади, площади поверхностных вод), показатели, характеризующие хозяйственное воздействие, заметно растут. Поэтому прогноз реакции природных систем, их возможное изменение, поиск путей предотвращения необратимых изменений экосистем является, несомненно, важной научно-методической задачей.

Способы, приемы и результаты оценки экологической техноёмкости трех сред, выполненные для ландшафтных провинций Западно-Сибирского Севера показали надежность разработанного методического инструментария и его необходимость при прогнозировании мероприятий рационального природопользования в исследуемом регионе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования позволяют сделать ряд выводов и рекомендаций, относящихся к методике анализа и оценки эколого-географических условий формирования и функционирования геосистем Западно-Сибирского Севера.

1. В диссертационной работе дана оценка эколого-географических характеристик 50-ти ландшафтных провинций Западно-Сибирского Севера, основанная на учёте условий увлажнения и теплообеспеченности земной поверхности. В результате проведенных исследований удалось выявить динамику и разнообразие эколого-географических характеристик функционирования геосистем – экологического потенциала и экологической технoемкости.

2. Оценка экологического потенциала и экологической технoемкости природных систем на региональном уровне связана с особенностями определения удельных значений экологических потенциалов и параметров экологической технoемкости трех основных природных сред – приземного слоя воздуха, поверхностных вод суши, фитоценозов.

3. Методический прием, апробированный в диссертационном исследовании, стал продуктивным опытом применения сравнительно-аналитического подхода в оценке эколого-географических условий формирования и функционирования геосистем в рамках ландшафтных провинций Западно-Сибирского Севера.

4. Результаты исследований и экспериментальные расчёты позволили получить количественные значения экологического потенциала и экологической технoемкости исследуемой территории, динамичных по форме и имеющих в своей основе природную составляющую.

Иллюстративный материал и имеющиеся в диссертации материалы количественной оценки основных параметров эколого-географических условий формирования и функционирования ландшафтных провинций региона исследования по существу могут стать объективной информационной основой в оценке устойчивости природных систем исследуемых ландшафтных провинций.

Задача дальнейших исследований – анализировать пространственно-временные изменения и выявлять закономерности, определяющие современные параметры основных эколого-географических характеристик ландшафтных провинций не только Западно-Сибирского Севера, но и других геосистем сибирского региона различных территориальных уровней, и прогнозировать их развитие.

Принципиальной особенностью направленности дальнейших научных исследований должна стать оценка экологической обстановки определенных природно-техногенных систем, оценка параметров естественных и техногенных ландшафтов в связи с влиянием хозяйственной деятельности, оценка пространственно-временной изменчивости эколого-географических условий природопользования для определения предельно допустимой техногенной нагрузки и в целях сохранения устойчивости естественных ландшафтов геосистем различных территориальных уровней.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимова, Т.А. Основы экоразвития /Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – М., 1994. – 312 с.
2. Акимова, Т.А. Экология: учеб. для вузов /Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – М., 2000. – 566 с.
3. Александрова, Т.Д. Нормирование антропогенно-техногенных нагрузок на ландшафт. Состояние проблемы. Возможности и ограничения /Т.Д. Александрова //Изв. АН СССР. Серия географическая. – 1990. – № 1. – С. 46 - 54.
4. Алпатьев, А.М. О принципиальных основах охраны природы Земли /А.М. Алпатьев //Вопросы охраны природы и рационального использования природных ресурсов. – Л., 1978.
5. Анненская, Г.В. Морфологическое изучение географических ландшафтов /Г.В. Анненская, А.А. Видина и др. //Ландшафтоведение. – М., 1963.
6. Антипов, А.Н. Гидрологические особенности территории /А.Н. Антипов //Природа таежного Прииртышья. - 1987. - С. 6 - 53.
7. Арманд, Д.Л. Наука о ландшафте: Основы теории и логико-математические методы /Д.Л. Арманд. – М.: Мысль, 1975. – 286 с.
8. Архипов, С.А. Западно-Сибирская равнина /С.А. Архипов, В.В. Вдовин, Б.Б. Мизеров, В.А. Николаев – М.: Наука, 1970.- 279 с.
9. Атлас Тюменской области. – М.; Тюмень: ГУГК, 1971.
10. Бабушкин, А.Г. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа — Югры /А.Г. Бабушкин, Д.В. Московченко, С.В. Пикунов. - Новосибирск: Наука, 2007. - 152 с.
11. Базилевич, Н.И. Продуктивность растительного покрова Земли, общие закономерности размещения и связь с факторами климата /Н.И. Базилевич, А.В. Дроздов, Л.Е. Родин //Журнал общей биологии. – 1968. – № 3. – С. 261 - 271.
12. Базилевич, Н.И. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем /Н.И. Базилевич, О.С. Гребенщиков, А.А. Тишков. – М.: Наука, 1986. – С. 181 - 209.

13. Бакулин, В.В. География Тюменской области: учебное пособие /В.В. Бакулин, В.В. Козин. – Екатеринбург: Сред. - Урал. кн. изд-во, 1996. - 240с.
14. Бачурин, Г. В. Южная тайга Прииртышья /Г. В. Бачурин, Е. Г. Нечаева, - Новосибирск: Наука, 1975. - 248 с.
15. Бачурин, Б.А. Особенности нефтезагрязнения природных геосистем Западной Сибири /Б.А. Бачурин, Л.М. Авербух, Т.А. Одинцова //Горные науки на рубеже XXI века: Материалы Международной конференции. - Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – С. 400 - 408.
16. Бачурин, Б.А. Идентификация нефтяной составляющей органического загрязнения гидросферы /Б.А. Бачурин //Водные ресурсы, геологическая среда и полезные ископаемые Южного Урала. - 2000. – С. 143 - 153.
17. Белоненко, Г.В. Воднобалансовые расчеты неизученных бассейнов малых рек: учеб. пособие /Г.В. Белоненко. – Омск: Изд-во ОмСХИ, 1985. – 71 с.
18. Белоненко, Г.В. Методика и опыт гидролого-географических исследований баланса тепла и влаги земной поверхности (на примере Уральской физико-географической страны): автореф. дис. ... д-ра геогр. наук /Г.В. Белоненко. – Иркутск, 1986. – 36 с.
19. Белоненко, Г.В. Эколого-географические условия водопользования в Западной Сибири /Г.В. Белоненко, Н.Б. Попова //Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2007. - № 3 - С. 25 - 32.
20. Белоненко, Г.В. Картографический анализ пространственно-временного распределения элементов влагооборота в бассейне Оби /Г.В. Белоненко, И.Н. Ротанова и др. //Мир науки, культуры, образования. - 2010. - № 1. - С. 95 - 99.
21. Белоненко, Г.В. Эколого-географические условия транспортного освоения Западной Сибири /Г.В. Белоненко, Н.Б. Попова, Ж.А. Тусупбеков. - Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2012. - 266 с.
22. Белоненко, Г.В. Оценка ветрового переноса снега по данным метеонаблюдений в зоне влияния Транссибирской магистрали и федеральных автодорог юга Западной Сибири /Г.В. Белоненко, Ж.А. Тусупбеков //Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2014. - № 1, 2 - С. 131 - 134.

23. Берг, Л.С. Ландшафтно-географические зоны /Л.С. Берг. – М., Л.: Сельхозгиз, 1931. – Ч. 1. – С. 25.
24. Благовидов, Н.Л. Качественная оценка земель и их рациональное использование /Н.Л. Благовидов. – Л.: Наука, 1962. – 88 с.
25. Богданов, Н.И. Особенности почвенного покрова и эволюция почв Западной Сибири: учебное пособие /Н.И. Богданов. - Омск: ОмСХИ, 1977. - 62 с.
26. Большая Тюменская энциклопедия: в 3 т. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2004. – 2000 с.
27. Будыко, М.И. Испарение в естественных условиях /М.И. Будыко. - Л.: Гидрометеиздат, 1948. - 136 с.
28. Будыко, М.И. Тепловой баланс земной поверхности /М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 255 с.
29. Будыко, М.И. Антропогенные изменения климата /М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 405 с.
30. Булатов, В.И. Ландшафтная индикация в решении задач природопользования /В.И. Булатов, Ю.И. Винокуров //Ландшафтная индикация для рационального использования природных ресурсов. - 1989. - С. 12-19.
31. Булатов, В.И. Российская экология на рубеже XXI века /В.И. Булатов. – Новосибирск: ЦЭРИС, 2000. – 44 с.
32. Булатов, В.И. Разработка индикаторов устойчивого развития на региональном уровне /В.И. Булатов, Н.О. Игенбаева //Вестник ЮГУ. – 2008. – № 1 (8). – С. 9 - 16.
33. Васильев, С.В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы Среднего Приобья /С.В. Васильев; под ред. И.М. Гаджиева. – Новосибирск: Наука, 1998. – 136 с.
34. Васильчук, Ю.К. Современное положение южной границы зоны Многолетнемерзлых пород Западно-Сибирской низменности /Ю.К. Васильчук //Криосфера Земли. - 2013. - Т. XVII. - № 1. - С. 17 - 27.

35. Винокуров, Ю.И. Природно-мелиоративная оценка земель в Алтайском крае /Ю.И. Винокуров, Ю.М. Цимбaley, Т.А. Пудовкина и др. - Иркутск: АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т географии, 1988 - 140 с.
36. Винокуров Ю.И. Устойчивое развитие Сибирских регионов /Ю.И. Винокуров, Б.А. Красноярова, В.И. Овденко, С.П. Суразакова, Е.Л. Счастливцев. - Новосибирск: Наука, 2003. - 204 с.
37. Винокуров, Ю.И. Физико-географическое районирование Сибири как основа разработки региональных систем природопользования /Ю.И. Винокуров, Ю.М. Цимбaley, Б.А. Красноярова //Ползуновский вестник. – 2005. – № 4 (Ч. 2). – С. 3 - 13.
38. Винокуров, Ю.И. Ландшафтная индикация в эколого-географических исследованиях /Ю.И. Винокуров, Ю.М. Цимбaley. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2016. – 258 с.
39. Гаджиев, И.М. Почвы бассейна реки Васюган /И.М. Гаджиев. - Новосибирск: Наука, 1976. - 152 с.
40. Гаджиев, И.М. Природные ресурсы Томской области /И.М. Гаджиев, А.А. Земцов. – Новосибирск: Наука, 1991. – 176 с.
41. Гвоздецкий, Н.А. Физическая география СССР. Азиатская часть /Н.А. Гвоздецкий, Н.И. Михайлов. - М.: Мысль, 1970. – 543 с.
42. Гвоздецкий, Н.А. Физико-географическое районирование Тюменской области /Н.А. Гвоздецкий. – М.: Изд-во Моск. ун-та. - 1973.
43. Гелета, И.Ф. Исследование влияния факторов подстилающей поверхности и климата на сток рек Прииртышья /И.Ф. Гелета, С.П. Никитин //Долина Нижнего Иртыша. - 1978. - С. 53 - 63.
44. Геоэкология и природопользование. Понятийно-терминологический словарь /авторы-сост. В.В. Козин, В.А. Петровский. – Смоленск: Ойкумена, 2005. – 576 с.
45. Геренчук, К.И. О морфологической структуре географического ландшафта /К.И. Геренчук //Изв. ВГО. – 1956. – Т. 83, вып. 4.

46. Глазовская, М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов /М.А. Глазовская. – М.: Наука, 1964. - 230 с.
47. Голованов, А.И. Ландшафтоведение /А.И. Голованов, Е.С. Кожанов, Ю.И. Сухарев. – М.: КолосС, 2005. – 216 с.
48. Голуб, А.А. Экономика природопользования /А.А. Голуб, Е.Б. Струкова. – М.: Аспект Пресс, 1995. – 198 с.
49. Голубева, Е.И. Фитомасса. Годовая продукция фитомассы /Е. И. Голубева, Н.И. Тульская, Т.В. Котова //Электронный атлас ХМАО-Югра. Природа. Экология. – Москва – Новосибирск – Ханты-Мансийск, 2005.
50. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды российской федерации в 2014 году». - М., 2015. - 473 с.
51. Григорьев, А.А. О периодическом законе географической зональности /А.А. Григорьев, М.И. Будыко //Доклады АН СССР. - 1956. - Т.110. - № 1. - С. 129 - 132.
52. Григорьев, А.А. Связь балансов тепла и влаги с интенсивностью географических процессов /А.А. Григорьев, М.И. Будыко //Доклады АН СССР. - 1965. – № 1. – С. 165 - 168.
53. Григорьев, А.А. Закономерности строения и развития географической среды /А.А. Григорьев. – М.: Мысль, 1966. – 382 с.
54. Давыдов, Л.К. Гидрография СССР (воды суши). Часть 2. Гидрография районов /Л.К. Давыдов. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1955. - 600 с.
55. Демек, Я. Теория систем и изучение ландшафта. (Пер. с чешского). - М.: Прогресс, 1977. - 224 с.
56. Добровольский Г.В. Таежное почвообразование в континентальных условиях (Западная Сибирь) /Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин, Т.В. Афанасьева. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 217 с.
57. Евсеева, Н.С. География Томской области. Природные условия и ресурсы /Н.С. Евсеева. – Томск: Изд-во ТГУ, 2001. – 223 с.

58. Земцов, А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная части) /А.А. Земцов. - Томск, 1976. - 343 с.
59. Земцов, А.А. Рельеф Западно-Сибирской равнины /А.А. Земцов и др. – Новосибирск: Наука. - 1988. – 192 с.
60. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды /Ю.А. Израэль. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 375 с.
61. Иванов, И.А. Нефтегазоносность палеозоя Томской области /И.А. Иванов, Г.П. Худорожков и др. //Новые данные по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири. – 1975. - С. 29 - 34.
62. Исаченко, А.Г. Основы ландшафтоведения и физико-географического районирования /А.Г. Исаченко. – М.: Высшая школа, 1965. – 123 с.
63. Исаченко, А.Г. Прикладное ландшафтоведение /А.Г. Исаченко. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1976. – Ч. I. – 152 с.
64. Исаченко, А.Г. Методы прикладных ландшафтных исследований /А.Г. Исаченко. – Л.: Наука, 1980. – 222 с.
65. Исаченко, А.Г. Экологический потенциал ландшафта /А.Г.Исаченко //Известия ВГО. - 1990. - Т. 122, вып. 4.- С. 289 - 300.
66. Исаченко, А.Г. Экологическая география России /А.Г. Исаченко. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. – 328 с.
67. Ишмуратов, Б.М. Ноосфера, экономический рост и природопользование /Б.М. Ишмуратов //Природно-ресурсный потенциал и природопользование. – Иркутск, 1989. – С. 7 - 29.
68. Ишмуратов, Б.М. Территориальная организация природопользования в таежных районах /Б.М. Ишмуратов //География и природные ресурсы. – 1994. – №4. – С. 114 - 120.
69. Калинин, В.М. Количественная оценка смыва нефтепродуктов с поверхности замазученных водосборов в речную сеть /В.М. Калинин, А.В. Соромотин //Обзор «О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского округа в 1998 году». – Ханты-Мансийск: ГУИПП «Полиграфист», 1999. – С. 18 - 20.

70. Карнацевич, И.В. Энергетические ресурсы земной поверхности в холодных странах /И.В. Карнацевич //Известия РГО. – 1995. – Т. 127, вып. 6. – С. 10 - 17.
71. Карнацевич, И.В. Возобновляемые ресурсы тепловлагообеспеченности Западно-Сибирской равнины и динамика их характеристик: Монография /И.В. Карнацевич, О.В. Мезенцева, Ж.А. Тусупбеков, Г.Г. Бикбулатова; под общ. ред. О.В. Мезенцевой. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2007. – 268 с.
72. Карта почвенного покрова Тюменской области. Масштаб 1:4 000 000 /сост.: В.Я. Хренов, Н.В. Кабатов. – 1995.
73. Карта структурно-геоморфологического районирования (Западно-Сибирской равнины). Масштаб 1:7 500 000 /сост.: И.П. Варламов, И.Л. Кузин, Н.Е. Найденова, Н.Н. Перугин, И.В. Рейнин. – 1969.
74. Касимов, Н. С. Базовые концепции и принципы геохимии ландшафтов /Н.С. Касимов; под ред. Н.С. Касимова и М.И. Герасимовой /Геохимия ландшафтов и география почв. – М.: Логос, 2002. – 144 с.
75. Козин, В.В. Ландшафтный анализ в нефтегазопромысловом регионе /В.В. Козин. - Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2007. - 240 с.
76. Кормилицын, В.И. Основы экологии /В.И. Кормилицын, М.С. Цицкишвили, Ю.И. Яламов. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 365 с.
77. Коротный, Л.М. Реки Красноярского края /Л.М. Коротный. – Красноярск: Красноярское книжное издательство, 1991. – 157 с.
78. Коротный, Л.М. Оценка влияния гидроклиматических ресурсов на жизнедеятельность населения Восточной Сибири /Л.М. Коротный, Л.Б. Башалханова, И.А. Башалханов, Н.Л. Линевич //География и природные ресурсы. – 1998. – № 4.
79. Кочуров, Б.И. Экологические ситуации и их прогноз /Б.И. Кочуров //География и природные ресурсы. – 1992. – № 2. – С. 5 - 13.
80. Кочуров, Б.И. География экологических ситуаций (экодиагностика территорий) /Б.И. Кочуров. – М., 1997. – 131 с.

81. Кузьменко, Е.И. Эколого-географические и картографические основы комплексного изучения Сибири /Е.И. Кузьменко, В.С. Михеев. - Новосибирск: Гео, 2008. - 207 с.
82. Куражковский, Ю.Н. Очерки природопользования /Ю.Н. Куражковский. – М.: Мысль, 1969. – 268 с.
83. Линевич, Н.Л. Температурный режим почв южнотаёжного Прииртышья в тёплый период /Н.Л. Линевич //Климатические условия и микроклимат таежных геосистем Сибири. - Новосибирск: Наука, 1980. – С. 183 - 195.
84. Лисс, О.Л. Болота Западной Сибири /О.Л. Лисс, Н.А. Березина – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 206 с.
85. Львович, М.И. Реки СССР /М.И. Львович. - М.: Мысль, 1971. - 350 с.
86. Мазур, И.И. Инженерная экология /И.И. Мазур, О.И. Молдаванов, В.Н. Шишов. – М.: Высшая школа, 1996. – Т.1.- 637 с.
87. Мальгин, М.А. Тяжелые металлы и мышьяк в дикорастущих лекарственных растениях Алтая /М.А. Мальгин, А.В. Пузанов, О.А. Ельчинина //Сибирский биол. журнал, 1993. - №2. - С. 52 - 58.
88. Мамай, И.И. Задачи, методология и методы ландшафтоведения в решении проблем рационального природопользования /И.И. Мамай //Известия ВГО. – 1989. – Т. 121, вып. 2.
89. Мезенцев, В.С. Метод гидролого-климатических расчетов и опыт его применения для районирования Западно-Сибирской равнины по признакам увлажнения и теплообеспеченности /В.С. Мезенцев //Труды Омского с.-х. ин-та. - 1957. - Т. 27. - 121 с.
90. Мезенцев, В.С. Уравнение теплоэнергетического баланса процесса суммарного испарения /В.С. Мезенцев, Г.В. Белоненко, К.П. Березников //Труды Омского с.-х. ин-та, 1966. - Т.66. - С. 111 - 118.
91. Мезенцев, В.С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины /В.С. Мезенцев, И.В. Карнацевич. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 168 с.
92. Мезенцев, В.С. Расчеты водного баланса /В.С. Мезенцев. – Омск: Изд-во ОмСХИ, 1976. – 76 с.



93. Мильков, Ф.Н. Человек и ландшафты. Очерки антропогенного ландшафтоведения /Ф.Н. Мильков. – М.: Мысль, 1973. – 224 с.
94. Мильков, Ф.Н. Физическая география СССР. Общий обзор европейской части СССР. Кавказ. Изд. 4 /Ф.Н. Мильков, Н.А. Гвоздецкий. – М.: Высшая школа, 1976. – 448 с.
95. Мильков, Ф.Н. Физическая география. Современное состояние, закономерности, проблемы /Ф.Н. Мильков. – Воронеж: Воронеж. ун-та. - 1981.
96. Минц, А.А. Экономическая оценка естественных ресурсов /А.А. Минц. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 303 с.
97. Миронюк, С.Г. Анализ аварийности промысловых нефтепроводов в регионе и оценка риска их эксплуатации /С.Г. Миронюк, И.А. Пронина //Новые технологии для очистки нефтезагрязненных вод, почв, переработки и утилизации нефтешламов. Международная конференция. Тезисы докладов. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 2001. – С. 290 - 292.
98. Михайлов, Н.И. Физико-географическое районирование /Н.И. Михайлов. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 183 с.
99. Михайлов, Ю.П. Географические аспекты природопользования (по результатам исследований в районах таежной зоны Сибири: автореф.дис.докт.геогр.наук /Ю.П. Михайлов. – Л., 1989. – 31 с.
100. Михеев, В.С. Топологические аспекты учения о геосистемах /В.С. Михеев, В.А. Ряшин. – Новосибирск: Наука, 1974. – 291 с.
101. Михеев, В.С. Ландшафтно-географическое обеспечение комплексных проблем Сибири /В.С. Михеев. - Новосибирск: Наука, 1987. - 208 с.
102. Михеев, В.С. Ландшафтный синтез географических знаний /В.С. Михеев. - Новосибирск: Наука, 2001. - 188 с.
103. Николаев, В.А. Геология и геоморфология Западно-Сибирской низменности. Новосибирск. /В.А. Николаев. - Новосибирск: Наука, 1963. – 34 с.
104. Никитин, С.П. Изменчивость полей гидрологических характеристик в Западной Сибири /С.П. Никитин, В.А.Земцов. - Новосибирск: Наука, 1986. - 206 с.

105. Орлов, В.И. Ход развития лесоболотной зоны Западной Сибири /В.И. Орлов. - Л.: Недра, 1968.
106. Петров, К.М. Береговая зона моря как ландшафтная система /К.М. Петров //Известия ВГО. – 1971. - № 5. – Т. 103. - С. 391.
107. Петров, К.М. Геоэкология: основы природопользования /К.М. Петров. – СПб. : Изд-во СПб. гос. ун-та, 1994. – 216 с.
108. Пивоварова, З.И. Радиационные характеристики климата СССР /З.И. Пивоварова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 335 с.
109. Плиткин, Г.А. Водный баланс Западной Сибири /Г.А. Плиткин; под П.С. Кузина. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 245 с.
110. Попова, Н.Б. Экологическая техноёмкость и антропогенная нагрузка на территориях субъектов федерации и речных бассейнов Западной Сибири /Н.Б. Попова //Проблемы региональной экологии. - 2002. - №2. - С. 35 - 43.
111. Попова, Н.Б. Пространственный и временной анализ эколого-географических условий природопользования (на примере Западной Сибири): дис. ... д-ра геогр. наук /Н.Б. Попова. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2001. – 358 с.
112. Попова, Н.Б. Эколого-географические условия природопользования в зоне влияния Транссибирской магистрали (Западная Сибирь) /Н.Б. Попова. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2001. – 182 с.
113. Попова, Н.Б. Методика оценки экологической ёмкости и предельно допустимой техногенной нагрузки на участок суши и речные бассейны /Н.Б. Попова //Материалы Шестого Международного симпозиума «Чистая вода России – 2001». - Екатеринбург, 2001. - С. 76 - 78.
114. Преображенский, В.С. Основы ландшафтного анализа /В.С. Преображенский, Т.Д. Александрова, Т.П. Куприянова. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
115. Природа Срединного региона. - М.: Изд-во МГУ, 1980.- 278 с.
116. Природные ресурсы Томской области /отв. ред. И.М. Гаджиев, А.А. Земцов. - Новосибирск: Наука, 1991. - 174 с.

117. Прокаев, В.И. Ландшафтоведение и региональная физическая география /В.И. Прокаев //Изв. ВГО СССР. – 1982. – Т. 114, вып. 5. – С. 425 - 431.
118. Протасов, А.А. О концепции емкости среды и экологической емкости /А.А. Протасов //Гидробиол. журнал. – 1994. – № 4. – С. 3 - 13.
119. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России /В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов. – М.: Финансы и статистика, 1995. – С. 478 - 481.
120. Раковская, Э.М. Физическая география России. Часть 2 /Э.М. Раковская, М.И. Давыдова. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 304 с.
121. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов. 2016: Стат. сб. /Росстат. - М., 2016. - 442 с.
122. Реймерс, Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник /Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
123. Реймерс, Н.Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы). - М., 1994. – 367 с.
124. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15, вып.2. Средняя Обь. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 408 с.
125. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15, вып.3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь. - Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 424 с.
126. Рихтер, Г.Д. Природное районирование СССР /Г.Д. Рихтер //Известия АН СССР. Серия географическая. – 1961. – № 3.
127. Российский статистический ежегодник. 2016: Стат.сб./Росстат. - М., 2016. – 725 с.
128. Рутковская, Н.В. Климатическая характеристика сезонов года Томской области /Н.В. Рутковская. – Томск.: Изд-во ТГУ, 1979. – 116 с.
129. Ряполова, Н.Л. Гидролого-климатические и эколого-географические условия формирования элементов водного баланса озера Эбейты /Ж.А. Тусупбеков, Н.Л. Ряполова, В.С. Надточий //Природообустройство. - 2014. - №4. - С. 60 - 63.
130. Ряполова, Н.Л. Предельно допустимая техногенная нагрузка на окружающую природную среду на территории Ханты-Мансийского автономного

округа (ХМАО-Югры) /Н.Л. Ряполова //Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2014. - № 4. - С. 386 - 388.

131. Ряполова, Н.Л. Формирование и особенности влаго- и теплообмена ландшафтных провинций Западно-Сибирской равнины /Г.В. Белоненко, Ж.А. Тусупбеков, Н.Л. Ряполова //Проблемы региональной экологии. - 2015. - № 3. - С. 174-179.

132. Ряполова, Н.Л. Влияние антропогенных факторов на формирование стока озер, расположенных на территории Западно-Сибирской равнины /Н.Л. Ряполова, Ж.А. Тусупбеков, В.С. Надточий //Омский научный вестник. - 2015. - № 1. - С. 218 - 221.

133. Ряполова, Н.Л. Оценка экологической техноёмкости природных комплексов Ямало-Ненецкого автономного округа в связи с хозяйственным освоением региона /Н. Л. Ряполова //Транспорт Урала. - 2015. - № 1. - С. 111 - 114.

134. Ряполова, Н.Л. Оценка эколого-географических параметров ландшафтных провинций Западно-Сибирского Севера /Н.Б. Попова, Н.Л. Ряполова //Вестник СГУГиТ. - 2017. – Т. 22, № 3. – С. 228 - 239.

135. Ряполова, Н.Л. Условия формирования ресурсов тепла и влаги как основы функционирования и устойчивости природных систем Западно-Сибирского Севера /Н.Л. Ряполова //Вестник СГУГиТ. - 2017. – Т. 22, № 2. – С. 271 - 281.

136. Садовский, В.Н. Исследования по общей теории систем /В.Н. Садовский, Е.Г. Юдин. – М.: Прогресс, 1969.

137. Севастьянов, В.В. Климат высокогорных районов Алтая и Саян /В.В. Севастьянов. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1998. – 202 с.

138. Севастьянов, В.В. Пространственное распределение составляющих радиационного баланса на юге Западной Сибири /В.В. Севастьянов, Л.М. Севастьянова //Проблемы географии на рубеже XXI века: Материалы Всерос. науч. конф. - Томск, 2000. – С. 175 - 176.

139. Седых, В.Н. Парадоксы в решении экологических проблем Западной Сибири /В.Н. Седых. – Новосибирск: Наука, 2005 - 160 с.
140. Седых, В.Н. Ландшафтно-типологическая основа для проведения лесоустройства на территории Сибири /В.Н. Седых //Лесная токсация и лесоустройство. Выпуск 1(34). – 2005. – С. 70 - 77.
141. Седых, В.Н. Состояние лесов на нарушенных землях нефтегазового комплекса /В.Н. Седых //Влияние нефтегазового комплекса на лесообразовательные процессы в районах Западной Сибири. Материалы междунар. научно-практической конференции. - Сургут, 2011. - С. 13 - 41.
142. Семенов, Ю.М. Ландшафтный геохимический синтез и организация геосистем /Ю.М. Семенов. – Новосибирск: Наука, 1991. – 145 с.
143. Скалон А.В. Проблемы развития и рациональное экономическое поведение /А.В. Скалон //Современные проблемы географии и природопользования. Вып. № 1. - 1999. - С. 19 - 50.
144. Солнцев, Н.А. О морфологии природного географического ландшафта /Н.А. Солнцев //Вопросы географии. Сб. 16. - 1949. – С. 18 - 36, 61 - 86, 157.
145. Солнцев, Н.А. Системная организация ландшафтов (проблемы методологии и теории) /Н.А.Солнцев. – М.: Мысль, 1981. - 240 с.
146. Солнцева, Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов /Н.П. Солнцева. - М.: Изд-во МГУ, 1998. - 376 с.
147. Сочава, В.Б. Комплексное картографирование географической среды /В.Б. Сочава //Сиб. геогр. сборник. - 1964. - Вып. 3. - С. 5 - 18.
148. Сочава, В.Б. Растительное сообщество и динамика природной среды /В.Б. Сочава //Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока. – 1968. - Вып. 20. - С. 12 - 22.
149. Сочава, В.Б. География и биология /В.Б. Сочава. – Л., 1970.
150. Сочава, В.Б. Введение в учение о геосистемах /В.Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, 1978. – 319 с.
151. Справочник по климату СССР //Ч. 1, 2, 4, Вып. 9, 17, 20, 21. – Л.: Гидрометеиздат, 1965-1970.

152. Старков, В.Д. Геологическая история и минеральные богатства Тюменской области /В.Д. Старков, Л.А. Тюлькова. – Тюмень: ИПП «Тюмень». - 1996. – 191 с.
153. Титов, Ю.В. Растительность поймы реки Вах /Ю.В. Титов, Е.С. Овечкина. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. пед. ин-та, 2000. – С. 5, 13.
154. Топологические аспекты учения о геосистемах /под ред. В.Б. Сочавы. - Новосибирск: Наука, 1974. - С. 3 - 86.
155. Трофимов, В.Т. Природные условия Зап. - Сибирск. плиты (отд. статьи в сб.). Вып.3. - М.: Изд-во МГУ, 1973. – 232 с.
156. Тусупбеков, Ж.А. Экономическая оценка естественных теплоэнергетических ресурсов климата на территории Казахстана /Ж.А. Тусупбеков //Известия РГО. - 1994. – Т. 126, вып. 6. – С. 77 - 79.
157. Тусупбеков, Ж.А. Радиационные сезоны и их границы /Ж.А. Тусупбеков // Водохозяйственные проблемы освоения Сибири. - 1996. – С . 27 - 29.
158. Тушинский, Г.Н. Физическая география СССР /Г.Н. Тушинский, М.И. Давыдова. – М.: Высшая школа, 1976. – 543 с.
159. Уварова, В.И. Современное состояние качества воды р. Оби в пределах Тюменской области /В.И. Уварова //Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Вып. 1. - 2000. – С. 18 - 26.
160. Федоров, М.М. Экологический потенциал в проблеме экологизации природопользования /М.М. Федоров //Изв. РГО. – 1993. – № 6. – С. 64 - 68.
161. Физико-географический атлас мира. - М.: АН СССР. ГУГК, 1964.
162. Физико-географическое районирование СССР. Характеристика региональных единиц /под ред. Н.А. Гвоздецкого. – М.: Изд-во МГУ, 1968. - 575 с.
163. Фридлан, В.М. Структуры почвенного покрова мира /В.М. Фридлан. – М.: Мысль, 1984. – 235 с.
164. Хачатуров, Т.С. Экономика природопользования /Т.С. Хачатуров. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 271 с.

165. Чепурных, Н.В. Экономика природопользования: эффективность, ущербы, риски /Н.В. Чепурных, А.Л. Новоселов, Л.В. Дунаевский. – М.: Наука, 1998. – 253 с.
166. Чижов, Б.Е. Лес и нефть Ханты-Мансийского автономного округа /Б.Е. Чижов. – Тюмень: Изд-во Юрия Мандрика, 1998. – 144 с.
167. Чупахин, В.М. Региональная экологическая схема борьбы с опустыниванием /В.М. Чупахин. – М.: Наука, 1990. – 157 с.
168. Швебс, Г.И. Концепция природно-хозяйственных территориальных систем и вопросы рационального природопользования /Г.И. Швебс //География и природные ресурсы. – 1987. – № 4.
169. Шор, Е.Л. Оценка удельных показателей нарушенности месторождений Нижневартовского района /Е.Л. Шор //Наука и образование ХМАО – XXI века. Сборник тезисов докладов окружной конференции молодых ученых и специалистов. - Сургут: Изд-во СурГУ, 2000. – С. 210 - 211.
170. Экоинформатика: теория, практика, методы и системы /под ред. В.Е. Соколова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 520 с.
171. Экология Ханты-Мансийского автономного округа /сост.: Л.Н. Добринский, В.В. Плотников; под ред. В.В. Плотникова. – Тюмень: СофтДизайн, 1997. – 288 с.
172. Эколого-мелиоративный потенциал почвенного покрова Западной Сибири /Т.Н. Елизарова, В.А. Казанцев, Л.А. Магаева, М.Т. Устинов. – Новосибирск: Наука, 1999. – 245 с.
173. Ямал. Энциклопедия Ямало-Ненецкого автономного округа: в 3 т. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2004. – 1080 с.
174. Яхина, Н.Р. Эколого-географическая характеристика ландшафтов Нижневартовского района /Н.Р. Яхина //Проблемы региональной экологии. - 2008. – № 1. - С. 98 - 101.
175. Burton I. Global change-geographical approaches //Ann. Assoc. Amer. Geographers. - 1993. - Vol. 83. - № 2. - P. 385 - 387.

176. Cahn M. Managing the human impact on the natural environment patterns and processes //Appl. Geography. - 1993. - Vol. 13. - № 3. - P. 285.
177. Colby M.E. Environmental management in development: the evolution of paradigms //Ecol. Econ. - 1991. - Vol. 3. - № 3. - P. 193 – 213.
178. Edwards K.A. Water, environment and development – a global agenda //Natur. Resources Forum. - 1993. - Vol. 17. - № 1. - P. 59 - 64.
179. Ember L.R. Limits to growth of resource use, population, pollution urged again //Chem. and Eng. News. - 1992. - Vol. 70. - № 17. - P. 28 - 30.
180. Goodland R. Towards a definition of environmental sustainability //Environ. Prof. - 1994. - № 3. - P. 193.
181. Hage P. Environmentally sound technology for sustainable development //Natur. Resour. Forum. - 1993. - Vol. 17. - № 1. - P. 72 - 73.
182. Holden John P. Energy and the human predicament: the problem and the opportunity //Ecodecision. - 1992. - № 4. - P. 26 - 30.
183. Koudstaal R., Rijsberman F.R., Savenije H. Water and sustainable development //Natur. Resources Forum. - 1992. - Vol. 16. - № 4. - P. 277 - 290.
184. Lee M. Integrated pollution control: the story so far //Chem. Brit. - 1994. - Vol. 30. - № 6. - P. 443 - 445.
185. Monitoring environmental progress. The world bank. Washington, - 1995.
186. Oliver J.E. Global change-geographical approaches //Geog. Rev. - 1993. Vol. - 83. - № 1. - P. 112 - 114.



## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**Приложение А**  
**Список**  
**метеорологических станций Западной Сибири, использовавшихся в**  
**диссертационной работе**

<b>Ямало-Ненецкий А.О.</b>	
1. Новый Порт	9. Уренгой
2. Тазовское	10. Питляр
3. Яр-Сале	11. Надым
4. Ныда	12. Мужи
5. Сидоровск	13. Тарко-Сале
6. Салехард, аэропорт	14. Толька
7. Таз	15. Хале-Савой
8. Полуй	
<b>Ханты-Мансийский А.О.</b>	
16. Саранпауль	25. Сытомино
17. Березово	26. Ларьяк
18. Казым	27. Сургут
19. Сосьвинская к/б	28. Ханты-Мансийск
20. Нумто	29. Угут
21. Сартынья	30. Алтай
22. Игрим	31. Шаим
23. Октябрьское	32. Кондинское
24. Няксимволь	
<b>Тюменская область</b>	
33. Демьянское	41. Ялуторовск
34. Уват	42. Лобаново
35. Тобольск	43. Вагай, ж.д. ст.
36. Вагайское	44. Голышманово
37. Нижняя Тавда	45. Ишим
38. Ярково	46. Бердюжье
39. Тюмень	
40. Викулово	
<b>Омская область</b>	
47. Усть-Ишим	52. Тара, аэропорт
48. Тевриз	53. Нижне - Колосовское
49. Васисс	54. Евгашино
50. Седельниково	55. Муромцево
51. Большие Уки	56. Большеречье
	57. Тюкалинск I

<b>Томская область</b>	
58. Александровское	69. Колпашево
59. Ванжиль-Кынак	70. Майск
60. Напас	71. Батурино
61. Березовка	72. Молчаново
62. Васюганское	73. Пудино
63. Катыльга	74. Кенга
64. Каргасок	75. Кривошеино
65. Нарым	76. Бакчар
66. Парабель	77. Томск
67. Максимкин Яр	78. Кожевниково
68. Новый Васюган	
<b>Новосибирская область</b>	
79. Кыштовка	81. Шипицино
80. Северное	82. Пихтовка
<b>Кемеровская область</b>	
83. Мариинск	84. Тайга
<b>Свердловская область</b>	
85. Бурмантово	94. Туринск
86. Ивдель	95. Тавда
87. Североуральск	96. Нижний Тагил
88. Карпинск	97. Алапаевск
89. Серов	98. Волково
90. Верхотурье	99. Невьянск
91. Пальмино	100. Камышлов
92. Кушва	101. Свердловск
93. Нижняя Салда	102. Каменск-Уральский
<b>Челябинская область</b>	
103. Уфалей	104. Челябинск

# Приложение А1

## Географические координаты и высота метеоплощадки метеостанций

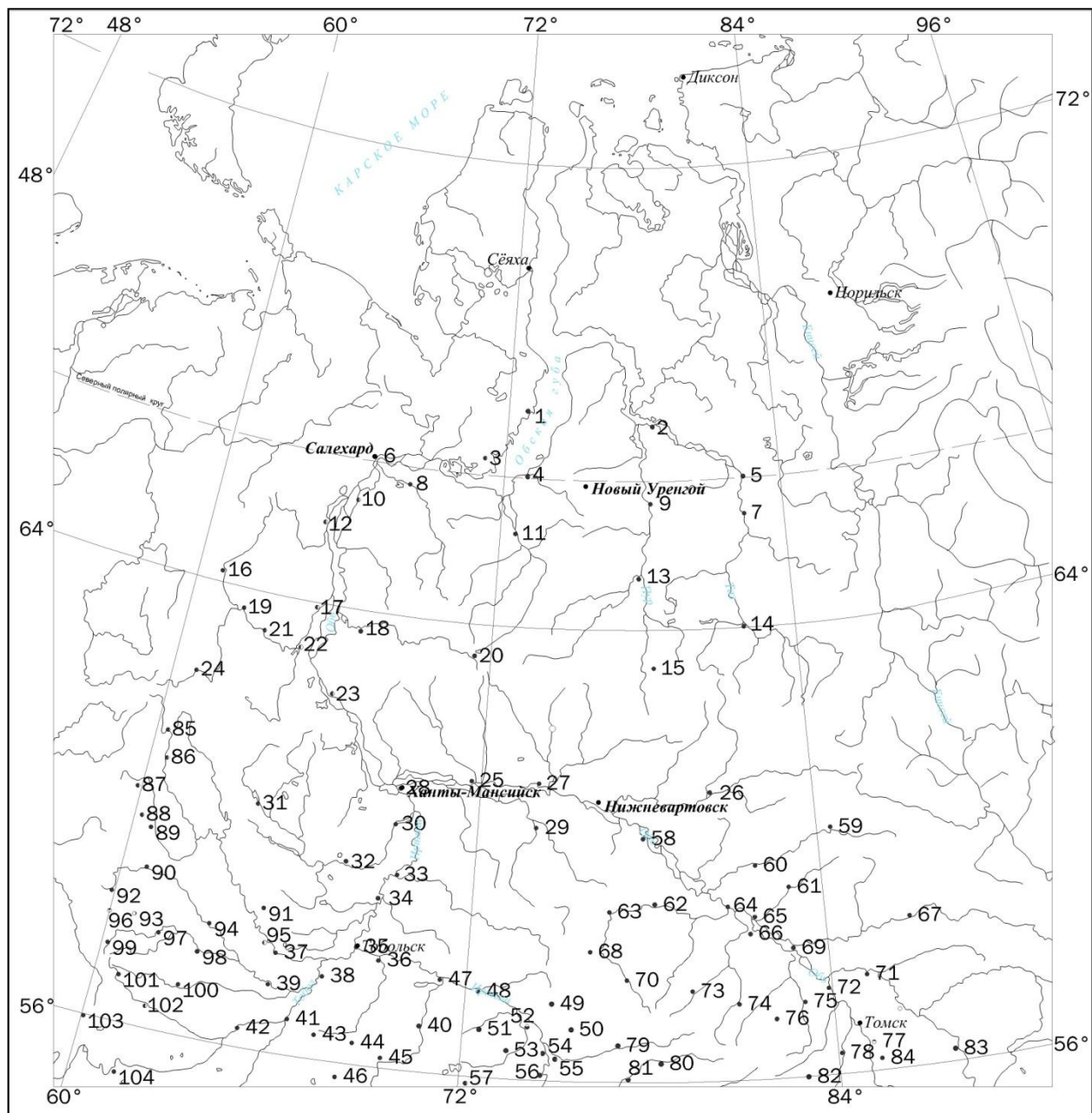
Пункт	Широта, град с. ш.	Долгота, град. в. д.	Высота, м
<b>ЯНАО</b>			
1. Новый Порт	67,7	72,9	12
2. Тазовское	67,5	78,7	26
3. Яр-Сале	66,8	70,8	8
4. Ныда	66,7	72,9	10
5. Сидоровск	66,7	82,5	34
6. Салехард, аэропорт	66,5	66,5	65
7. Таз	66,02	82,17	
8. Полуи	65,3	69,57	
9. Уренгой	66	78,4	17
10. Питлярь	65,8	66	17
11. Надым	65,6	72,7	12
12. Мужи	65,4	64,7	19
13. Тарко-Сале	64,9	77,8	27
14. Толька	63,4	80,1	31,7
15. Хале-Савой	63,38	78,32	65
<b>ХМАО</b>			
16. Саранпауль	64,3	60,9	29
17. Березово	63,9	65,1	32
18. Казым	63,7	67,2	27
19. Сосьвинская к/б	63,65	62,10	26
20. Нумто	63,5	71,4	109
21. Сартынья	63,4	63,1	80
22. Игрим	63,2	64,5	28
23. Октябрьское	62,4	66,1	72
24. Няксимволь	62,4	60,9	51
25. Сытомино	61,3	71,3	33
26. Ларьяк	61,1	80,3	55
27. Сургут	61,2	73,6	56
28. Ханты-Мансийск	61	69	46
29. Угут	60,5	74	48
30. Алтай	60,3	68,9	30
31. Шаим	60,3	64,2	53
32. Кондинское	59,7	67,4	41
<b>Тюменская область</b>			
33. Демьянское	59,6	69,3	57
34. Уват	59,2	68,9	41
35. Тобольск	58,2	68,2	50

## Продолжение приложения А1

36. Вагайское	57,9	69	100
37. Нижняя Тавда	57,7	66,2	
38. Ярково	57,4	67,1	50
39. Тюмень	57,1	65,4	102
40. Викулово	56,8	70,6	78
41. Ялуторовск	56,7	66,3	61
42. Лобаново	56,53	65,1	
43. Вагай, ж.д. ст.	56,47	67,3	128,8
44. Голышманово	56,5	68,4	124
45. Ишим	56,1	69,4	82
46. Бердюжье	55,8	68,3	
<b>Омская область</b>			
47. Усть-Ишим	57,7	71,2	56
48. Тевриз	57,5	72,4	67
49. Васисс	57,55	74,7	99
50. Седельниково	59,95	75,3	90
51. Большие Уки	56,9	72,7	87
52. Тара, аэропорт	56,9	74,4	73
53. Н. - Колосовское	56,4	73,6	98
54. Евгацино	56,4	74,7	67
55. Муромцево	56,4	75,3	86,7
56. Большеречье	56,1	74,6	76
57. Тюкалинск I	55,9	72,2	118
<b>Томская область</b>			
58. Александровское	60,4	77,9	48
59. Ванжиль-Кынак	60,3	84,1	99
60. Напас	59,9	81,9	76
61. Березовка	59,4	82,8	68
62. Васюганское	59,22	78,23	98
63. Катильга	59,1	76,7	69
64. Каргасок	59,1	80,9	59
65. Нарым	58,93	81,6	73
66. Парабель	58,7	81,5	63
67. Максимкин Яр	58,6	86,7	105
68. Новый Васюган	58,58	76,5	90
69. Колпашево	58,3	82,9	75
70. Майск	57,8	77,3	100
71. Батурино	57,8	85,2	90
72. Молчаново	57,6	83,8	114
73. Пудино	57,5	79,4	97
74. Кенга	57,42	81,0	110
75. Кривошеино	57,35	83,93	92

76. Бакчар	57,1	81,9	110
77. Томск	56,5	84,9	139
78. Кожевниково	56,2	84	113
<b>Новосибирская область</b>			
79. Кыштовка	56,6	76,9	116
80. Северное	56,3	78,3	126
81. Шипицино	56,07	77,3	110
82. Пихтовка	56,0	82,7	124
<b>Кемеровская область</b>			
83. Мариинск	56,2	87,78	142
84. Тайга	56,06	85,6	250
<b>Свердловская область</b>			
85. Бурмантово	61,3	60,5	127
86. Ивдель	60,7	60,4	95
87. Североуральск	60,2	59,9	201
88. Карпинск	59,8	60,04	228
89. Серов	59,6	60,5	130
90. Верхотурье	58,9	60,8	125
91. Пальмино	58,6	64,9	75
92. Кушва	58,3	59,7	268
93. Нижняя Салда	58	60,6	218
94. Туринск	58,1	63,7	103
95. Тавда	58,1	65,3	60
96. Нижний Тагил	57,9	60,1	260
97. Алапаевск	57,9	61,7	130
98. Волково (Ирбит)	57,7	63,1	76
99. Невьянск	57,5	60,2	277
100. Камышлов	56,9	62,7	127
101. Свердловск	56,8	60,6	283
102. Каменск-Уральский	56,4	61,9	171
<b>Челябинская область</b>			
103. Уфалей	55,05	60,2	380
104. Челябинск	55,2	61,3	250

**Приложение Б**  
**Схема расположения метеостанций**



**Приложение В**  
**Радиационные характеристики (МДж/м<sup>2</sup> год) по данным актинометрических станций Западной Сибири и сопредельной территории**

Пункт	Q	Вк	R+	R	Еэф	φ° с.ш.	t>0
1. Челюскина, мыс	2791	1207	788	352	855	77,7	80
2. Уединения, остров	2564	1198	909	432	766	77,4	49
3. Диксон, остров	2803	1412	1068	654	758	73,6	112
4. Игарка	3444	2024	-	-	-	67,7	1196
5. Салехард, аэропорт	3205	2020	1274	943	1077	66,5	1159
6. Туруханск	3306	2057	1328	1031	1026	66,1	1369
7. Тура	3352	2141	1466	1169	972	64,5	1502
8. Сытомино	3448	2183	1471	1110	1073	61,3	1743
9. Ивдель	3360	2271	1563	1187	1084	60,7	1871
10. Александровское	3490	2204	1525	1123	1081	60,3	1810
11. Ванавара	3587	2330	1487	1169	1161	60,3	1665
12. Енисейск	3654	2384	1672	1320	1064	58,7	2009
13. Колпашево	3662	2355	1622	1291	1064	58,3	2020
14. Высокая Дубрава	3851	2732	1781	1387	1345	56,7	2156
15. Солянка	4136	2954	1953	1517	1437	56,2	2064
16. Памятинская	4182	2870	1969	1538	1332	56	2295
17. Татарск	4190	2971	-	-	-	55,2	2300
18. Огурцово	4039	2899	1927	1529	1370	55	2290
19. Омск	4098	2996	2074	1592	1404	54,9	2333
20. Н-Благовещенск	4647	3331	2221	1785	1546	52,7	2430
21. Целиноград	4672	3335	2263	1852	1483	51,2	2602
22. Семипалатинск	5191	3767	2426	1932	1835	50,6	3026



### Приложение Г

**Средняя годовая температура воздуха ( $t_{\text{год}}$ ), температура воздуха в июле ( $t_{\text{VII}}$ ),  
суммы температур воздуха больше  $0^{\circ}\text{C}$  ( $\Sigma t_{>0}$ ), больше  $10^{\circ}\text{C}$  ( $\Sigma t_{>10}$ ),  
в средний год)**

Метеостанция	$t_{\text{год}}$	$t_{\text{VII}}$	$\Sigma t_{>0}$	$\Sigma t_{>10}$
<b>Ямало-Ненецкий автономный округ</b>				
1. Новый Порт	-8,8	11,0	867	402
2. Тазовское	-9,3	13,4	1029	654
3. Яр-Сале	-7,5	13,2	1079	690
4. Ныда	-7,8	13,2	1080	716
5. Сидоровск	-8,5	14,6	1194	859
6. Салехард, аэро	-6,5	13,5	1159	828
7. Таз	-7,9	14,9	1247	906
8. Полуй	-6,3	13,8	1206	808
9. Уренгой	-7,8	14,5	1211	873
10. Питлярь	-5,6	14,4	1292	902
11. Надым	-6,6	14,7	1256	855
12. Мужы	-5,1	14,4	1307	948
13. Тарко-Сале	-6,7	15,4	1328	1019
14. Толька	-3,9	15,6	1431	1080
15. Хале-Савой	-6,1	16,0	1441	1130
<b>Ханты-Мансийский автономный округ</b>				
16. Саранпауль	-3,9	15,6	1527	1156
17. Березово	-3,8	16,0	1540	1170
18. Казым	-3,4	15,8	1571	1074
19. Сосьвинская к/б	-5,3	15,5	1604	1208
20. Нумто	-3,7	15,6	1414	1055
21. Сартынья	-5,8	15,9	1609	1159
22. Игрим	0,4	19,4	1655	1260
23. Октябрьское	-3,2	16,0	1630	1228
24. Няксимволь	-2,2	15,8	1708	1253
25. Сытомино	-3	17,0	1743	1313
26. Ларьяк	-3,3	17,1	1746	1354
27. Сургут	-3,1	16,9	1734	1361
28. Ханты-Мансийск	-1,4	17,5	1940	1568
29. Угут	-2,4	16,9	1793	1366
30. Алтай	-1,4	17,5	1948	1542
31. Шаим	-0,8	17,0	1958	1550
32. Кондинское	-1	17,8	2031	1622

<b>Тюменская область</b>				
33. Демьянское	-0,8	17,4	2008	1605
34. Уват	-0,9	17,7	2051	1650
35. Тобольск	0	18,0	2183	1793
36. Вагайское	-3,5	17,0	2172	1767
37. Нижняя Тавда	0,2	17,5	2199	1819
38. Ярково	0,3	18,0	2271	1857
39. Тюмень	1,3	18,6	2369	1983
40. Викулово	0,1	18,0	2244	1862
41. Ялуторовск	0,3	17,8	2300	1932
42. Лобаново	0,4	18,1	2251	1733
43. Вагай, ж.д.ст.	-0,2	17,8	2236	1851
44. Голышманово	0,1	17,6	2228	1852
45. Ишим	-0,1	18,0	2254	1898
46. Бердюжье	0,2	18,0	2236	1956
<b>Омская область</b>				
47. Усть-Ишим	-0,6	17,5	2108	1696
48. Тевриз	-0,5	17,6	2137	1739
49. Васисс	-0,5	18,4	2005	1571
50. Седельниково	-0,9	17,8	2136	1720
51. Большие Уки	-2	15,5	2129	1732
52. Тара, аэропорт	-1	17,6	2105	1690
53. Нижне - Колосовское	-0,6	17,8	2151	1777
54. Евгашино	-0,5	17,9	2203	1831
55. Муромцево	-0,8	18,0	2167	1785
56. Большеречье	-0,4	17,5	2243	1874
57. Тюкалинск I	0,1	18,1	2203	1909
<b>Томская область</b>				
58. Александровское	-2,6	17,1	1810	1440
59. Ванжиль-Кынак	-1,1	17,0	1750	1360
60. Напас	-2,8	17,2	1820	1420
61. Березовка	-2,8	17,2	1870	1500
62. Васюганское	-1,6	17,4	1840	1460
63. Катыльга	-1,9	16,8	1940	1570
64. Каргасок	-2	17,4	1890	1480
65. Нарым	-1,9	18,4	1920	1550
66. Парабель	-1,9	17,3	1920	1540
67. Максимкин Яр	-1,8	18,0	1970	1590
68. Новый Васюган	-1,1	17,0	1990	1580
69. Колпашево	-1,5	17,9	2020	1640
70. Майск	-1,4	16,8	1940	1550

71. Батурино	-1,3	18,0	2050	1670
72. Молчаново	-0,9	18,0	2080	1720
73. Пудино	-1,5	17,0	2000	1530
74. Кенга	-1,7	16,8	1930	1520
75. Кривошеино	-1	17,9	2070	1700
76. Бакчар	-1,1	17,6	2040	1650
77. Томск	-0,6	18,1	2120	1750
78. Кожевниково	-0,7	18,0	2150	1780
<b>Новосибирская область</b>				
79. Кыштовка	-0,8	17,5	2140	1770
80. Северное	-1	17,4	2110	1740
81. Шипицино	-0,8	17,9	2160	1830
82. Пихтовка	-1,1	17,5	2060	1690
<b>Свердловская область</b>				
85. Бурмантово	0,3	17,7	1704	1245
86. Ивдель	-3,1	16,3	1871	1422
87. Североуральск	-1	15,8	1812	1362
88. Карпинск	-0,3	17,1	1900	1461
89. Серов	0,1	17,3	2099	1663
90. Верхотурье	0,5	17,4	2155	1725
91. Пальмино	-0,6	16,7	1996	1561
92. Кушва	0	16,0	1946	1506
93. Нижняя Салда	0,3	16,4	2011	1569
94. Туринск, город	0,7	17,7	2238	1842
95. Тавда	0,8	17,8	2247	1848
96. Нижний Тагил	1	17,2	2172	1744
97. Алапаевск	0,8	17,2	2163	1729
98. Волково	0,1	17,0	2121	1690
99. Невьянск	0,7	16,7	2072	1644
100. Камышлов	1,4	18,1	2363	1985
101. Свердловск	1,2	17,4	2210	1798
102. Каменск-Уральский	0,9	17,9	2288	1925
<b>Челябинская область</b>				
103. Уфалей	0,3	16,1	2008	1569
104. Челябинск	2	18,8	2497	2158

### Приложение Д

**Ресурсы влаги (КХ, мм), водные эквиваленты теплоэнергетических ресурсов климата и суммарного испарения (Zк и Zм, мм), соотношение ресурсов влаги и тепла ( $\delta_n = KX/Z_k$ ) и коэффициент увлажнения ( $K_n = KX/Z_m$ ) в средний год**

Пункт (метеостанция)	КХ	Zк	Zм	$\delta_n$	Kн
1	2	3	4	5	6
<b><i>Ямало-Ненецкий АО</i></b>					
1. Новый Порт	565	830	419	0,681	1,350
2. Тазовское	565	830	419	0,681	1,350
3. Яр-Сале	565	895	465	0,631	1,215
4. Ныда	565	895	465	0,631	1,215
5. Сидоровск	531	930	490	0,571	1,084
6. Салехард, аэро.	589	919	482	0,641	1,221
7. Таз	550	946	502	0,581	1,096
8. Полуй	551	933	493	0,590	1,118
9. Уренгой	531	935	494	0,568	1,075
10. Пит л яр	559	960	511	0,583	1,093
11. Надым	546	949	504	0,576	1,084
12. Мужи	564	964	515	0,585	1,096
13. Тарко-Сале	584	971	519	0,602	1,124
14. Толька	570	1002	542	0,569	1,052
15. Хале-Савой	645	1005	544	0,642	1,186
<b><i>Ханты-Мансийский АО</i></b>					
16. Саранпауль	513	1031	563	0,498	0,911
17. Березово	514	1035	566	0,497	0,909
18. Казым	519	1044	572	0,497	0,907
19. Сосьвинская к/б	512	1054	580	0,486	0,883
20. Нумто	555	997	538	0,557	1,031
21. Сартынья	487	1056	581	0,461	0,839
22. Игрим	494	1070	591	0,462	0,836
23. Октябрьское	592	1062	585	0,557	1,011
24. Няксимволь	541	1086	602	0,498	0,898
25. Сытомино	576	1097	610	0,525	0,944
26. Ларьяк	604	1098	611	0,550	0,989
27. Сургут	676	1094	608	0,618	1,112
28. Х-Мансийск	569	1157	653	0,492	0,871
29. У гут	685	1112	621	0,616	1,103
30. Алтай	598	1159	655	0,516	0,913
31. Шаим	533	1162	657	0,459	0,811
32. Кондинское	535	1184	673	0,452	0,795

Пункт (метеостанция)	KX	Zк	Zm	δн	Кн
1	2	3	4	5	6
<b>Тюменская область</b>					
33. Демьянское	559	1177	668	0,475	0,837
34. Уват	548	1190	677	0,460	0,809
35. Тобольск	567	1231	706	0,461	0,803
36. Вагайское	515	1227	704	0,420	0,732
37. Н - Тавда	513	1235	710	0,415	0,723
38. Ярково	514	1257	726	0,409	0,708
39. Тюмень	524	1287	747	0,407	0,702
40. Викулово	506	1249	720	0,405	0,703
41. Ялуторовск	497	1266	732	0,393	0,679
42. Лобаново	465	1251	721	0,372	0,645
43. Вагай, ж.д. ст.	478	1247	718	0,383	0,666
44. Голышманово	497	1244	716	0,399	0,694
45. Ишим	454	1252	722	0,363	0,629
46. Бердюжье	455	1247	718	0,365	0,634
<b>Омская область</b>					
47. Усть-Ишим	554	1208	690	0,459	0,803
48. Тевриз	547	1217	696	0,450	0,786
49. Васисс	541	1176	667	0,460	0,811
50. Седельниково	499	1216	696	0,410	0,717
51. Большие Уки	514	1214	694	0,423	0,740
52. Тара, аэропорт	560	1207	689	0,464	0,813
53. Н. - Колосовское	466	1221	699	0,382	0,666
54. Евгацино	449	1237	711	0,363	0,632
55. Муромцево	453	1226	703	0,370	0,645
56. Большеречье	447	1249	719	0,358	0,621
57. Тюкалинск I	410	1257	726	0,326	0,565
<b>Томская область</b>					
58. Александровское	590	1117	625	0,528	0,944
59. Ванжиль-Кынак	620	1099	612	0,564	1,014
60. Напас	624	1120	627	0,557	0,995
61. Березовка	630	1126	631	0,559	0,998
62. Васюганское	674	1157	653	0,583	1,032
63. Катыльга	613	1141	642	0,537	0,955
64. Каргасок	668	1151	649	0,581	1,030
65. Нарым	578	1181	671	0,489	0,862
66. Парабель	557	1151	649	0,484	0,859
67. Максимкин Яр	692	1166	660	0,594	1,049

Пункт (метеостанция)	KX	Z <sub>к</sub>	Z <sub>м</sub>	δ <sub>н</sub>	Kh
1	2	3	4	5	6
68. Новый Васюган	674	1172	664	0,575	1,015
69. Колпашево	598	1181	671	0,506	0,892
70. Майск	577	1157	653	0,499	0,883
71. Батурине	637	1190	677	0,535	0,941
72. Молчаново	583	1199	684	0,486	0,853
73. Пудино	563	1175	666	0,479	0,845
74. Кенга	555	1154	651	0,481	0,853
75. Кривошеино	623	1196	682	0,521	0,914
76. Бакчар	560	1187	675	0,472	0,830
77. Томск	637	1211	692	0,526	0,920
78. Кожевниково	529	1221	699	0,433	0,757
<b>Новосибирская область</b>					
79. Кыштовка	530	1218	697	0,435	0,761
80. Северное	506	1208	690	0,419	0,733
81. Шипицино	473	1224	701	0,387	0,675
82. Пихтовка	566	1193	679	0,474	0,833
<b>Свердловская область</b>					
85. Бурмантово	560	1085	602	0,516	0,931
86. Ивдель	541	1136	638		
87. Североуральск	552	1118	625	0,494	0,883
88. Карпинск	492	1145	644	0,430	0,764
89. Серов	556	1205	688	0,461	0,808
90. Верхотурье	566	1222	700	0,463	0,808
91. Пальмино	540	1174	665	0,460	0,812
92. Кушва	663	1159	654	0,572	1,013
93. Нижняя Салда	566	1178	669	0,480	0,846
94. Туринск	482	1247	718	0,386	0,671
95. Тавда	557	1250	720	0,446	0,773
96. Нижний Тагил	596	1169	662	0,510	0,901
97. Алапаевск	512	1225	702	0,418	0,729
98. Волково	549	1212	693	0,453	0,793
100. Камышлов	546	1285	746	0,425	0,732
101. Свердловск	582	1239	712	0,470	0,817
102. К-Уральский	547	1263	729	0,433	0,750
<b>Челябинская область</b>					
103. Уфалей	670	1177	668	0,569	1,003
104. Челябинск	521	1294	752	0,403	0,693

## Приложение Е

Расчетные параметры уравнений связи ( $a$ ,  $n$  и  $m$ ), суммарное испарение ( $Z$ , мм), валовое увлажнение ( $F$ , мм), суммарный ( $Y$ , мм), подземный ( $Y_2$ , мм) и поверхностный ( $Y_1$ , мм) сток в средний год

Пункт (метеостанция)	Параметры			$Z$	$Y$	$F$	$Y_2$	$Y_1$
	$a$	$n$	$m$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Ямало-Ненецкий АО</b>								
1. Новый Порт	0,685	0,845	1,408	212	353	299	87	266
2. Тазовское	0,685	0,845	1,408	212	353	299	87	266
3. Яр-Сале	0,655	1,064	1,723	266	299	351	86	214
4. Ныда	0,655	1,065	1,724	266	299	352	86	213
5. Сидоровск	0,640	1,321	2,110	302	229	372	71	159
6. Салехард	0,645	1,059	1,697	276	313	367	92	222
7. Таз	0,634	1,298	2,059	307	243	383	76	167
8. Полуй	0,639	1,251	1,994	299	252	376	78	175
9. Уренгой	0,638	1,340	2,135	305	226	375	70	156
10. Питляр	0,629	1,307	2,064	314	245	392	78	167
11. Надым	0,633	1,324	2,099	310	236	384	74	162
12. Мужи	0,627	1,303	2,053	316	248	395	79	169
13. Тарко-Сале	0,625	1,245	1,958	315	269	401	86	183
14. Толька	0,615	1,404	2,183	339	231	416	77	154
15. Хале-Савой	0,614	1,135	1,764	320	325	425	105	220
<b>Ханты-Мансийский АО</b>								
16. Саранпауль	0,605	1,760	2,713	362	151	413	51	100
17. Березово	0,604	1,769	2,722	364	150	415	51	99
18. Казым	0,601	1,776	2,726	368	151	420	52	99
19. Сосьвинская к/б	0,598	1,845	2,822	373	139	420	48	92
20. Нумто	0,616	1,449	2,259	339	216	410	72	145
21. Сартынья	0,598	1,981	3,029	372	115	411	39	76
22. Игрим	0,594	1,991	3,031	378	116	418	39	76
23. Октябрьское	0,596	1,507	2,300	372	220	449	77	143
24. Няксимволь	0,589	1,807	2,739	388	153	442	54	99
25. Сытомино	0,587	1,682	2,541	392	184	458	66	118
26. Ларьяк	0,586	1,567	2,367	390	214	467	77	137
27. Сургут	0,587	1,290	1,951	374	302	481	107	195
28. Х-Мансийск	0,572	1,896	2,820	421	148	475	54	94
29. Угут	0,583	1,310	1,971	384	301	492	108	193
30. Алтай	0,571	1,775	2,638	423	175	488	65	110
31. Шаим	0,570	2,085	3,096	420	113	460	41	73
32. Кондинское	0,565	2,142	3,164	428	107	467	39	68

Пункт (метеостанция)	Параметры			Z	Y	F	Y <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>
	a	n	m					
<b>Тюменская область</b>								
33. Демьянское	0,567	2,004	2,966	429	130	477	48	82
34. Уват	0,564	2,096	3,091	433	115	475	42	73
35. Тобольск	0,555	2,121	3,100	451	116	494	43	73
36. Вагайское	0,556	2,372	3,469	437	78	465	28	50
37. Н-Тавда	0,554	2,406	3,512	439	74	465	26	48
38. Ярково	0,550	2,463	3,579	445	69	469	24	45
39. Тюмень	0,544	2,494	3,601	456	68	480	24	44
40. Викулово	0,552	2,483	3,614	440	66	463	23	43
41. Ялуторовск	0,548	2,580	3,742	440	57	460	19	37
42. Лобаново	0,551	2,721	3,959	422	43	436	14	29
43. Вагай, ж.д. ст.	0,552	2,632	3,833	427	51	444	17	34
44. Голышманово	0,552	2,518	3,669	435	62	456	21	41
45. Ишим	0,551	2,790	4,058	416	38	428	12	26
46. Бердюжье	0,552	2,768	4,031	416	39	428	12	27
<b>Омская область</b>								
47. Усть-Ишим	0,560	2,118	3,111	440	114	482	42	72
48. Тевриз	0,558	2,177	3,192	442	105	480	39	67
49. Васисс	0,567	2,088	3,091	426	115	468	42	73
50.Седельниково	0,558	2,426	3,556	429	70	453	24	46
51. Большие Уки	0,559	2,339	3,430	433	81	462	29	52
52. Тара, аэро.	0,560	2,086	3,066	441	119	485	44	75
53. Н-Колосовское	0,557	2,627	3,847	416	50	432	16	34
54. Евгацино	0,554	2,775	4,051	411	38	423	12	26
55. Муромцево	0,556	2,719	3,978	411	42	424	13	29
56. Большеречье	0,552	2,823	4,109	412	35	423	11	24
57. Тюкалинск I	0,550	3,084	4,481	389	21	395	6	15
<b>Томская область</b>								
58. Александровское	0,581	1,684	2,530	402	188	470	68	120
59. Ванжиль-Кынак	0,586	1,507	2,276	389	231	472	83	148
60. Напас	0,580	1,554	2,334	400	224	482	82	142
61. Березовка	0,579	1,549	2,321	403	227	486	83	144
62. Васюганское	0,572	1,472	2,189	414	260	511	97	163
63. Катыльга	0,575	1,661	2,479	413	200	487	74	126
64. Каргасок	0,573	1,476	2,199	412	256	507	95	161
65. Нарым	0,566	1,927	2,849	432	146	486	54	92
66. Парабель	0,573	1,933	2,880	418	139	468	51	89
67. Максим. Яр	0,569	1,434	2,128	416	276	520	103	172
68. Нов. Васюган	0,568	1,514	2,243	423	251	518	95	156
69. Колпашево	0,566	1,839	2,719	433	165	495	62	103



Пункт (метеостанция)	Параметры			Z	Y	F	Y <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>
	a	n	m					
70. Майск	0,572	1,860	2,766	421	156	479	57	98
71. Батурино	0,564	1,704	2,513	437	200	513	76	124
72. Молчаново	0,562	1,958	2,882	440	143	494	54	89
73. Пудино	0,567	1,978	2,929	428	135	478	50	85
74. Кенга	0,572	1,952	2,905	419	136	468	50	87
75. Кривошеино	0,563	1,777	2,618	440	183	510	70	113
76. Бакчар	0,565	2,028	2,994	433	127	480	47	80
77. Томск	0,559	1,763	2,588	448	189	520	73	117
78. Кожевниково	0,557	2,279	3,338	439	90	471	32	58
<b>Новосибирская область</b>								
79. Кыштовка	0,558	2,265	3,320	438	92	471	33	59
80. Северное	0,560	2,364	3,473	429	77	456	27	50
81. Шипицино	0,557	2,594	3,797	420	53	438	17	35
82. Пихтовка	0,563	2,018	2,975	436	130	484	48	82
<b>Свердловская область</b>								
85. Бурмантово	0,590	1,715	2,601	387	173	448	61	112
86. Ивдель	0,577	1,964	2,937	410	131	457	47	84
87. Североуральск	0,581	1,856	2,788	403	149	456	54	96
88. Карпинск	0,574	2,245	3,349	405	87	435	30	57
89. Серов	0,561	2,100	3,087	439	117	482	43	74
90. Верхотурье	0,557	2,102	3,077	447	119	492	44	74
91. Пальмино	0,568	2,085	3,088	425	115	467	42	73
92. Кушва	0,571	1,516	2,254	417	246	509	92	154
93. Н-Салда	0,567	1,974	2,921	430	136	480	50	86
94. Туринск	0,552	2,611	3,802	429	53	447	18	35
95. Тавда	0,551	2,224	3,237	455	102	493	38	64
96. Н-Тагил	0,569	1,811	2,686	427	169	490	63	106
97. Алапаевск	0,557	2,380	3,482	435	77	462	27	50
98. Волково	0,559	2,153	3,161	441	108	480	40	69
99. Невьянск	0,562	2,071	3,051	436	121	481	44	76
100. Камышлов	0,545	2,376	3,432	463	83	494	30	52
101. Свердловск	0,554	2,075	3,027	456	126	504	48	78
102. К-Уральский	0,549	2,308	3,350	457	90	490	33	57
<b>Челябинская область</b>								
103. Уфалей	0,567	1,543	2,283	427	243	519	92	151
104. Челябинск	0,543	2,529	3,646	457	64	479	23	42

### Приложение Ж

**Относительные величины элементов влагооборота в средний год:  
коэффициент испарения –  $\psi$ , коэффициенты годового стока:  
суммарного –  $\eta$ , поверхностного –  $\eta_1$ , подземного –  $\eta_2$ ,  
коэффициент питания подземных вод –  $\gamma$**

Пункт (метеостанция)	$\psi$	$\eta$	$\eta_1$	$\eta_2$	$Y_2/F$
1	2	3	4	5	6
<b><i>Ямало-Ненецкий АО</i></b>					
1. Новый Порт	0,375	0,625	0,471	0,154	0,291
2. Тазовское	0,375	0,625	0,471	0,154	0,291
3. Яр-Сале	0,471	0,529	0,379	0,152	0,245
4. Ныда	0,471	0,529	0,377	0,152	0,244
5. Сидоровск	0,569	0,431	0,299	0,134	0,191
6. Салехард	0,469	0,531	0,377	0,156	0,251
7. Таз	0,558	0,442	0,304	0,138	0,198
8. Полуи	0,543	0,457	0,318	0,142	0,207
9. Уренгой	0,574	0,426	0,294	0,132	0,187
10. Питляр	0,562	0,438	0,299	0,140	0,199
11. Надым	0,568	0,432	0,297	0,136	0,193
12. Мужи	0,560	0,440	0,300	0,140	0,200
13. Тарко-Сале	0,539	0,461	0,313	0,147	0,214
14. Толька	0,595	0,405	0,270	0,135	0,185
15. Хале-Савой	0,496	0,504	0,341	0,163	0,247
<b><i>Ханты-Мансийский АО</i></b>					
16. Саранпауль	0,706	0,294	0,195	0,099	0,123
17. Березово	0,708	0,292	0,193	0,099	0,123
18. Казым	0,709	0,291	0,191	0,100	0,124
19. Сосьвинская к/б	0,729	0,271	0,180	0,094	0,114
20. Нумто	0,611	0,389	0,261	0,130	0,176
21. Сартынья	0,764	0,236	0,156	0,080	0,095
22. Игрим	0,765	0,235	0,154	0,079	0,093
23. Октябрьское	0,628	0,372	0,242	0,130	0,171
24. Няксимволь	0,717	0,283	0,183	0,100	0,122
25. Сытомино	0,681	0,319	0,205	0,115	0,144
26. Ларьяк	0,646	0,354	0,227	0,127	0,165
27. Сургут	0,553	0,447	0,288	0,158	0,222
28. Х-Мансийск	0,740	0,260	0,165	0,095	0,114
29. Угут	0,561	0,439	0,282	0,158	0,220
30. Алтай	0,707	0,293	0,184	0,109	0,133
31. Шаим	0,788	0,212	0,137	0,077	0,089
32. Кондинское	0,800	0,200	0,127	0,073	0,084

1	2	3	4	5	6
<b>Тюменская область</b>					
33. Демьянское	0,767	0,233	0,147	0,086	0,101
33. Демьянское	0,767	0,233	0,147	0,086	0,101
34. Уват	0,790	0,210	0,133	0,077	0,088
35. Тобольск	0,795	0,205	0,129	0,076	0,087
36. Вагайское	0,849	0,151	0,097	0,054	0,060
37. Н- Тавда	0,856	0,144	0,094	0,051	0,056
38. Ярково	0,866	0,134	0,088	0,047	0,051
39. Тюмень	0,870	0,130	0,084	0,046	0,050
40. Викулово	0,870	0,130	0,085	0,045	0,050
41. Ялуторовск	0,885	0,115	0,074	0,038	0,041
42. Лобаново	0,908	0,092	0,062	0,030	0,032
43. Вагай, ж.д. ст.	0,893	0,107	0,071	0,036	0,038
44. Голышманово	0,875	0,125	0,082	0,042	0,046
45. Ишим	0,916	0,084	0,057	0,026	0,028
46. Бердюжье	0,914	0,086	0,059	0,026	0,028
Омск. Обл.					
47. Усть-Ишим	0,794	0,206	0,130	0,076	0,087
48. Тевриз	0,808	0,192	0,122	0,071	0,081
49. Васисс	0,787	0,213	0,135	0,078	0,090
50. Седельниково	0,860	0,140	0,092	0,048	0,053
51. Большие Уки	0,842	0,158	0,101	0,056	0,063
52. Тара, аэро.	0,788	0,213	0,134	0,079	0,091
53. Н.-Колосовское	0,893	0,107	0,073	0,034	0,037
54. Евгашино	0,915	0,085	0,058	0,027	0,028
55. Муромцево	0,907	0,093	0,064	0,029	0,031
56. Большеречье	0,922	0,078	0,054	0,025	0,026
57. Тюкалинск I	0,949	0,051	0,037	0,015	0,015
<b>Томская область</b>					
58. Александровское	0,681	0,319	0,203	0,115	0,145
59. Ванжиль-Кынак	0,627	0,373	0,239	0,134	0,176
60. Напас	0,641	0,359	0,228	0,131	0,170
61. Березовка	0,640	0,360	0,229	0,132	0,171
62. Васюганское	0,614	0,386	0,242	0,144	0,190
63. Катыльга	0,674	0,326	0,206	0,121	0,152
64. Каргасок	0,617	0,383	0,241	0,142	0,187
65. Нарым	0,747	0,253	0,159	0,093	0,111

## Окончание приложения Ж

1	2	3	4	5	6
66. Парабель	0,750	0,250	0,160	0,092	0,109
67. Максим. Яр	0,601	0,399	0,249	0,149	0,198
68. Нов. Васюган	0,628	0,372	0,231	0,141	0,183
69. Колпашево	0,724	0,276	0,172	0,104	0,125
70. Майск	0,730	0,270	0,170	0,099	0,119
71. Батурино	0,686	0,314	0,195	0,119	0,148
72. Молчаново	0,755	0,245	0,153	0,093	0,109
73. Пудино	0,760	0,240	0,151	0,089	0,105
74. Кенга	0,755	0,245	0,157	0,090	0,107
75. Кривошеино	0,706	0,294	0,181	0,112	0,137
76. Бакчар	0,773	0,227	0,143	0,084	0,098
77. Томск	0,703	0,297	0,184	0,115	0,140
78. Кожевниково	0,830	0,170	0,110	0,060	0,068
<b>Новосибирская область</b>					
79. Кыштовка	0,826	0,174	0,111	0,062	0,070
80. Северное	0,848	0,152	0,099	0,053	0,059
81. Шипицино	0,888	0,112	0,074	0,036	0,039
82. Пихтовка	0,770	0,230	0,145	0,085	0,099
<b>Свердловская область</b>					
85. Бурмантово	0,691	0,309	0,200	0,109	0,136
86. Ивдель	0,758	0,242	0,155	0,087	0,103
87. Североуральск	0,730	0,270	0,174	0,098	0,118
88. Карпинск	0,823	0,177	0,116	0,061	0,069
89. Серов	0,790	0,210	0,133	0,077	0,089
90. Верхотурье	0,790	0,210	0,131	0,078	0,089
91. Пальмино	0,787	0,213	0,135	0,078	0,090
92. Кушва	0,629	0,371	0,232	0,139	0,181
93. Н.- Салда	0,760	0,240	0,152	0,088	0,104
94. Туринск	0,890	0,110	0,073	0,037	0,040
95. Тавда	0,817	0,183	0,115	0,068	0,077
96. Н - Тагил	0,716	0,284	0,178	0,106	0,129
97. Алапаевск	0,850	0,150	0,098	0,053	0,058
98. Волково	0,803	0,197	0,126	0,073	0,083
99. Невьянск	0,783	0,217	0,136	0,079	0,091
100. Камышлов	0,848	0,152	0,095	0,055	0,061
101 Свердловск	0,784	0,216	0,134	0,082	0,095
102. К-Уральский	0,835	0,165	0,104	0,060	0,067
<b>Челябинская область</b>					
103. Уфалей	0,637	0,363	0,225	0,137	0,177
104. Челябинск	0,877	0,123	0,081	0,044	0,048

### Приложение И

**Удельная экологическая техноёмкость: приземных слоев атмосферы ( $t_1$ ),  
ресурсов поверхностных вод ( $t_2$ ) и фитомассы ( $t_3$ ), усл.т/км<sup>2</sup> в средний год**  
( $Y$  –годовой сток,  $V$ - скорость ветра,  $P_B$  – годовичная продукция,  
 $B$  – запас фитомассы)

Пункт (метеостанция)	Y, мм	V, м/с	P <sub>B</sub> , т/км <sup>2</sup>	B, тыс. т/км <sup>2</sup>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>
					усл. т/км <sup>2a</sup>		
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Новый Порт	353	6,2	492	8,5	1341,2	4,24	4,52
2. Тазовское	353	6,2	492	8,5	1341,2	4,24	4,52
3. Яр-Сале	299	5,1	576	12,0	1103,2	3,59	4,40
4. Ныда	299	5,1	577	12,0	1103,2	3,59	4,40
5. Сидоровск	229	3,7	653	14,1	800,4	2,75	4,83
6. Салехард	313	5,2	562	11,5	1124,9	3,76	4,37
7. Таз	243	3,3	642	13,9	713,8	2,91	4,73
8. Полуй	252	3,1	632	13,7	670,6	3,03	4,65
9. Уренгой	226	3,6	656	14,1	778,7	2,71	4,86
10. Питлярь	245	4,3	641	13,8	930,2	2,94	4,72
11. Надым	236	2,9	648	14,0	627,3	2,83	4,78
12. Мужы	248	4,2	638	13,8	908,5	2,98	4,70
13. Тарко-Сале	269	3,7	618	13,3	800,4	3,23	4,56
14. Толька	231	2,5	655	14,1	540,8	2,77	4,85
15. Хале-Савой	325	3,1	560	11,4	670,6	3,90	4,37
16. Саранпауль	151	2,6	706	13,8	562,4	1,81	5,73
17. Березово	150	3,7	706	13,8	800,4	1,80	5,74
18. Казым	151	2,6	706	13,8	562,4	1,81	5,74
19. Сосьвинская к/б	139	2,4	710	13,6	519,2	1,67	5,91
20. Нумто	216	4,2	667	14,2	908,5	2,60	4,97
21. Сартынья	115	-	716	12,9	-	1,38	6,32
22. Игрим	116	3,3	716	12,9	713,8	1,39	6,31
23. Октябрьское	220	3,7	666	14,2	800,4	2,64	4,97
24. Няксимволь	153	2,3	706	13,9	497,5	1,84	5,72
25. Сытомино	184	3,6	691	14,2	778,7	2,20	5,35
26. Ларьяк	214	3,6	672	14,3	778,7	2,57	5,04
27. Сургут	302	4,9	596	12,7	1060,0	3,62	4,46
28. Ханты-Мансийск	148	5,1	708	13,7	1103,2	1,78	5,81
29. Угут	301	3	599	12,8	649,0	3,62	4,47
30. Алтай	175	3,4	697	14,1	735,5	2,10	5,47
31. Шаим	113	3,7	716	12,8	800,4	1,36	6,36
32. Кондинское	107	3,7	717	12,6	800,4	1,28	6,49
33. Демьянское	130	3,7	713	13,3	800,4	1,56	6,08

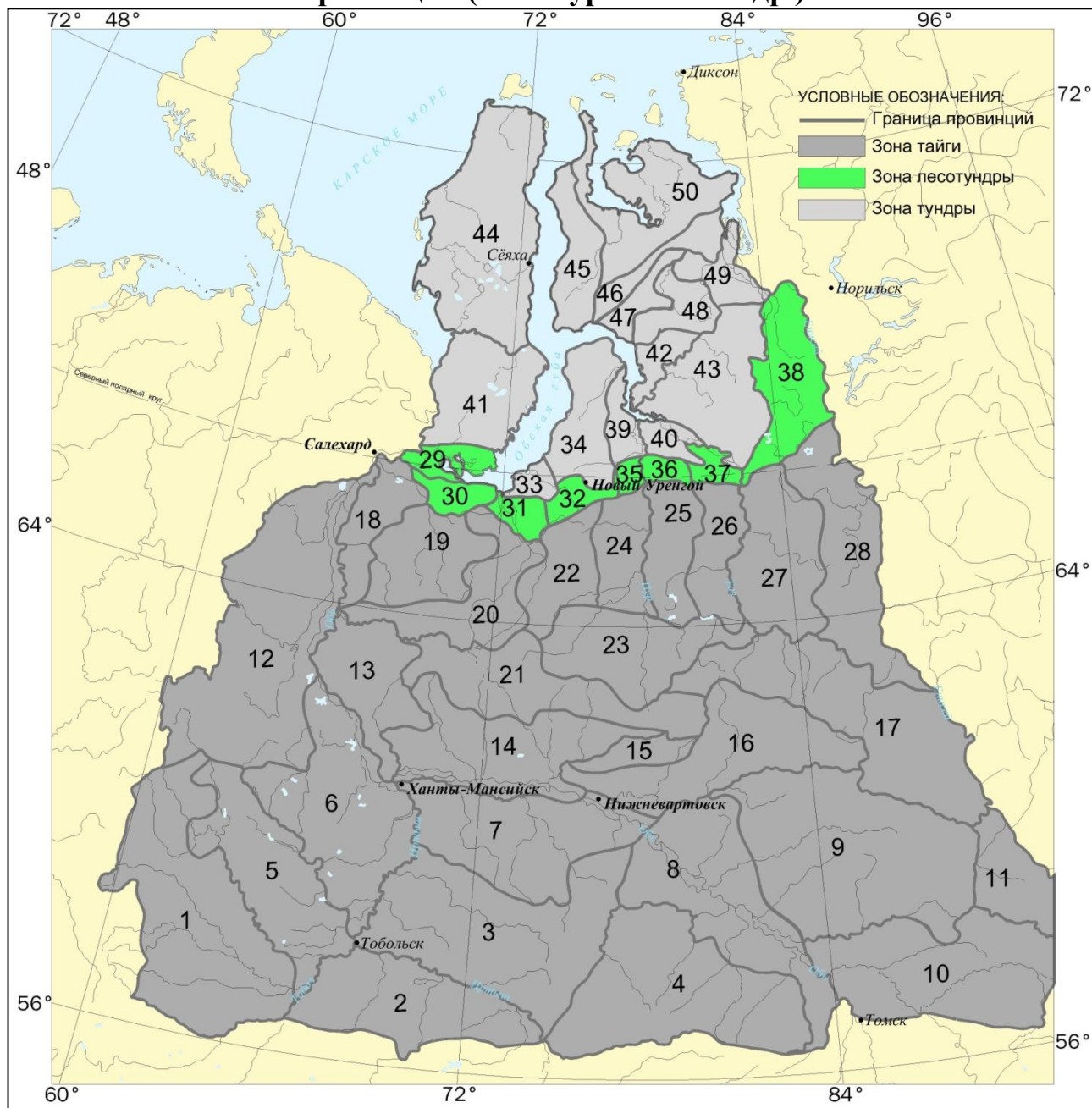
## Продолжение приложения И

1	2	3	4	5	6	7	8
34. Уват	115	4,3	716	12,9	930,2	1,38	6,33
35. Тобольск	116	3,9	716	12,9	843,6	1,40	6,32
36. Вагайское	78	3,3	714	11,3	713,8	0,94	7,15
37. Нижняя Тавда	74	-	713	11,2	-	0,89	7,25
38. Ярково	69	3,2	711	10,9	692,2	0,83	7,40
39. Тюмень	68	5,3	710	10,8	1146,5	0,81	7,44
40. Викулово	66	3,1	710	10,7	670,6	0,80	7,49
41. Ялуторовск	57	5,6	705	10,1	1211,4	0,68	7,82
42. Лобаново	43	-	694	9,1	-	0,52	8,43
43. Вагай, ж.д. ст.	51	4,1	701	9,7	886,9	0,61	8,07
44. Голышманово	62	3,9	708	10,4	843,6	0,74	7,63
45. Ишим	38	4,4	688	8,6	951,8	0,45	8,72
46. Бердюжье	39	4,2	690	8,8	908,5	0,47	8,64
47. Усть-Ишим	114	3,3	716	12,8	713,8	1,37	6,36
48. Тевриз	105	3,5	717	12,5	757,1	1,26	6,53
49. Васисс	115	2,6	716	12,9	562,4	1,38	6,34
50. Седельниково	70	-	711	10,9	-	0,84	7,36
51. Большие Уки	81	3,4	715	11,5	735,5	0,97	7,06
52. Тара, аэропорт	119	3,8	715	13,0	822,0	1,43	6,27
53. Н. Колосовское	50	3,6	700	9,6	778,7	0,60	8,12
54. Евгацино	38	-	688	8,7	-	0,46	8,71
55. Муромцево	42	-	693	9,0	-	0,50	8,49
56. Большеречье	35	4	685	8,4	865,3	0,42	8,89
57. Тюкалинск I	21	3,7	658	6,7	800,4	0,25	10,22
58. Александровское	188	3,8	689	14,2	822,0	2,26	5,31
59. Ванжиль-Кынак	231	2,1	660	14,1	454,3	2,78	4,89
60. Напас	224	2,7	666	14,2	584,1	2,68	4,97
61. Березовка	227	2,6	664	14,2	562,4	2,72	4,94
62. Васюганское	260	3,4	641	13,8	735,5	3,12	4,72
63. Катыйлга	200	2,6	683	14,3	562,4	2,40	5,20
64. Кургасок	256	4,1	643	13,9	886,9	3,08	4,74
65. Нарым	146	-	709	13,7	-	1,75	5,85
66. Парабель	139	3,9	711	13,5	843,6	1,67	5,93
67. Максимкин Яр	276	3,4	628	13,6	735,5	3,31	4,63
68. Нов. Васюган	251	2,5	649	14,0	540,8	3,01	4,79
69. Колпашево	165	3,8	702	14,0	822,0	1,98	5,60
70. Майск	156	3	705	13,9	649,0	1,87	5,71
71. Батурино	200	3	684	14,3	649,0	2,40	5,22
72. Молчаново	143	3,9	710	13,6	843,6	1,71	5,90
73. Пудино	135	2,8	712	13,4	605,7	1,61	6,01
74. Кенга	136	2,3	712	13,5	497,5	1,63	5,98

## Окончание приложения И

1	2	3	4	5	6	7	8
75. Кривошеино	183	4,2	694	14,2	908,5	2,19	5,40
76. Бакчар	127	3,6	714	13,2	778,7	1,52	6,13
77. Томск	189	4,1	691	14,2	886,9	2,27	5,34
78. Кожевниково	90	3,6	716	11,9	778,7	1,08	6,85
79. Кыштовка	92	3,9	716	12,0	843,6	1,10	6,81
80. Северное	77	2,8	714	11,3	605,7	0,93	7,17
81. Шипицино	53	-	702	9,8	-	0,63	7,98
82. Пихтовка	130	3	713	13,3	649,0	1,56	6,09
85. Бурмантово	173	2,1	697	14,1	454,3	2,08	5,46
86. Ивдель	131	2,5	713	13,4	540,8	1,57	6,06
87. Североуральск	149	2,6	707	13,8	562,4	1,79	5,78
88. Карпинск	87	3,1	716	11,8	670,6	1,04	6,92
89. Серов	117	3,2	716	12,9	692,2	1,40	6,31
90. Верхотурье	119	3	715	13,0	649,0	1,42	6,28
91. Пальмино	115	2,2	716	12,9	475,9	1,38	6,34
92. Кушва	246	3,8	652	14,0	822,0	2,95	4,81
93. Н- Салда	136	4,2	712	13,5	908,5	1,63	5,99
94. Туринск	53	3,6	702	9,8	778,7	0,63	7,98
95. Тавда	102	3,3	717	12,4	713,8	1,22	6,61
96. Н-Тагил	169	3,6	700	14,1	778,7	2,03	5,55
97. Алапаевск	77	3,8	713	11,3	822,0	0,92	7,18
98. Волково	108	3,2	716	12,6	692,2	1,30	6,46
99. Невьянск	121	4,4	715	13,0	951,8	1,45	6,24
100. Камышлов	83	3,6	715	11,6	778,7	0,99	7,03
101. Свердловск	126	3,8	714	13,2	822,0	1,51	6,17
102. К-Уральский	90	3,5	716	11,9	757,1	1,08	6,85
103. Уфалей	243	3,9	655	14,1	843,6	2,92	4,85
104. Челябинск	64	4,6	709	10,6	995,1	0,77	7,55

**Приложение К**  
**Схема физико-географического районирования Сибири на уровне провинций (Винокуров Ю.И. и др.)**





## ЛЕГЕНДА

к схеме физико-географического районирования Сибири

<b>Зональная область Западно-Сибирской тайги</b>	
Провинции:	
1. Туринская	15. Вахская
2. Ашлыкская	16. Аганская
3. Тобольская	17. Верхнетазовская
4. Васюганская	18. Нижнеобская
5. Среднеиртышская	19. Полуйская
6. Кондинская	20. Надымская
7. Юганская	21. Нулетовская
8. Обь-Тымская	22. Южноненецкая
9. Кетско-Тымская	23. Пякупур-Толькинская
10. Чулымская	24. Тарко-Салесская
11. Енисейская	25. Часельская
12. Северо-Сосьвинская	26. Усть-Худосейская
13. Белогорская	27. Среднетазовская
14. Сургутская	28. Туруханская
<b>Зональная область Западно-Сибирской лесотундры</b>	
Провинции:	
29. Усть-Обская	35. Усть-Нгарская
30. Салехардская	36. Верхненгарская
31. Усть-Надымская	37. Сидоровская
32. Верхненыдская	38. Южнохетская
<b>Зональная область Западно-Сибирской тундры</b>	
Провинции:	
33. Усть-Ныдская	44. Североямальская
34. Северо-ненецкая	45. Юрибейская
39. Усть-Пурская	46. Гыданская
40. Верхлукуяхская	47. Верхтанамская
41. Щучинская	48. Танамская
42. Мессояхская	49. Усть-Енисейская
43. Северохетская	50. Северогыданская

### Приложение Л

Годовые суммы атмосферных осадков (мм) ландшафтных провинций в средний год  $KX_{\text{норма}}$ , во влажные  $KX_{5\%}$ ,  $KX_{20\%}$  и в засушливые годы  $KX_{80\%}$ ,  $KX_{95\%}$

Ландшафтная провинция	$KX_{\text{норма}}$	Годовые суммы атмосферных осадков обеспеченностью 5, 20, 80 и 95%, мм/год			
		$KX_{5\%}$	$KX_{20\%}$	$KX_{80\%}$	$KX_{95\%}$
1	2	3	4	5	6
<b>1а. Зональная область Западно-Сибирской тайги</b>					
1. Туринская	556	707	625	482	424
2. Ашлыкская	506	654	574	434	378
3. Тобольская	580	732	650	506	446
4. Васюганская	544	695	613	471	412
5. Среднеиртышская	545	696	614	472	413
6. Кондинская	542	693	611	469	411
7. Юганская	610	762	680	535	475
8. Обь-Тымская	609	761	679	534	474
9. Кетско-Тымская	625	777	695	550	490
10. Чулымская	606	758	676	531	471
11. Енисейская	692	841	762	618	556
12. Северо-Сосьвинская	518	667	586	446	389
13. Белогорская	556	707	625	482	424
14. Сургутская	610	762	680	535	475
15. Вахская	669	820	739	595	533
16. Аганская	604	756	674	529	469
17. Верхнетазовская	604	756	674	529	469
18. Нижнеобское	541	691	610	468	410
19. Полуйская	551	702	620	477	419
20. Надымская	546	697	615	473	414
21. Нулетовская	555	706	624	481	423
22. Южноенецкая	551	702	620	477	419
23. Пякупур-Толькинская	645	797	715	570	509
24. Тарко-Салесская	584	736	654	510	450
25. Часельская	558	709	627	484	425
26. Усть-Худосейская	550	701	619	476	418
27. Среднетазовская	550	701	619	476	418
28. Туруханская	550	701	619	476	418

<b><i>1б. Зональная область Западно-Сибирской лесотундры</i></b>					
29. Усть-Обская	589	741	659	515	455
30. Салехардская	551	702	620	477	419
31. Усть-Надымская	546	697	615	473	414
32. Верхненыдская	551	702	620	477	419
35. Усть-Нгарская	531	681	600	458	400
36. Верхненгарская	531	681	600	458	400
37. Сидоровская	645	797	715	570	509
38. Южнохетская	531	681	600	458	400
<b><i>1в. Зональная область Западно-Сибирской тундры</i></b>					
33. Усть-Ныдская	554	705	623	480	422
34. Северо-ненецкая	519	668	587	447	390
39. Усть-Пурская	519	668	587	447	390
40. Верхлукуяхская	519	668	587	447	390
41. Щучинская	554	705	623	480	422
42. Мессояхская	519	668	587	447	390
43. Северохетская	558	709	627	484	425
44. Североямальская	489	635	556	418	362
45. Юрибейская	485	631	552	414	359
46. Гыданская	522	671	590	449	392
47. Верхтанамская	522	671	590	449	392
48. Танамская	522	671	590	449	392
49. Усть-Енисейская	522	671	590	449	392
50. Северогыданская	485	631	552	414	359

**Приложение М**  
**Радиационные и теплоэнергетические характеристики провинций**  
**в средний год**

(Q, Вк – суммарная и поглощенная радиация, А – альбеде, LZк и LZм – теплоэнергетические ресурсы климата и суммарного испарения, Zк и Zм – водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов климата и суммарного испарения)

Провинция	Ф ГЦ, с.ш.	Q, МДж/м² год	А, %	Вк	LZк	LZm	Zк, мм	Zm, мм
				МДж/м² год				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1а. Зональная область Западно-Сибирской тайги</b>								
1. Туринская	58,3	3939	32,7	2666	2912	1627	1159	648
2. Ашлыкская	57,1	4031	31,4	2766	3009	1702	1198	678
3. Тобольская	58,4	3915	33	2640	2887	1607	1149	640
4. Васюганская	57,8	3960	32,4	2689	2935	1645	1168	655
5. Среднеиртышская	59,3	3952	32,5	2680	2926	1638	1165	652
6. Кондинская	60,4	3753	35,2	2464	2716	1475	1081	587
7. Юганская	60,2	3734	35,4	2442	2695	1458	1073	580
8. Обь-Тымская	59,4	3904	33,2	2628	2875	1598	1144	636
9. Кетско-Тымская	60	3815	34,3	2531	2781	1525	1107	607
10. Чулымская	57,5	3965	32,3	2695	2940	1648	1170	656
11. Енисейская	59,4	3851	33,9	2570	2819	1554	1122	619
12. Северо-Сосьвинская	63,4	3652	36,5	2353	2608	1391	1038	554
13. Белогорская	62,9	3572	37,6	2266	2524	1326	1005	528
14. Сургутская	61,8	3716	35,7	2423	2676	1444	1065	575
15. Вахская	61,9	3660	36,4	2362	2617	1398	1042	556
16. Аганская	62,2	3637	36,7	2337	2593	1379	1032	549
17. Верхнетазовская	62,5	3614	37,0	2312	2569	1360	1022	541
18. Нижнеобское	65,6	3413	39,7	2093	2356	1195	938	476
19. Полуйская	65,1	3416	39,7	2096	2359	1197	939	476
20. Надымская	64,2	3485	38,8	2170	2432	1254	968	499
21. Нулетовская	62,9	3584	37,5	2279	2537	1335	1010	531
22. Южноненецкая,	65	3458	39,1	2141	2403	1232	957	490
23. Пякупур-Толькинская	63,5	3538	38,1	2229	2488	1297	990	516
24. Тарко-Салесская	65,3	3401	39,9	2079	2343	1185	932	472
25. Часельская	65,5	3389	40,1	2066	2331	1175	928	468
26. Усть-Худосейская	65,3	3401	39,9	2079	2343	1185	932	472
27. Среднетазовская	65,3	3401	39,9	2079	2343	1185	932	472
28. Туруханская.	65,4	3393	40,0	2071	2335	1178	929	469

Провинция	φ ГЦ, с.ш.	Q	A, %	Bк	LZk	LZm	Zk, мм	Zm, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1б. Зональная область Западно-Сибирской лесотундры</b>								
29. Усть-Обская	66,7	3294	41,4	1962	2230	1097	888	437
30. Салехардская	66,1	3340	40,7	2012	2278	1135	907	452
31. Усть-Надымская	65,9	3355	40,5	2029	2295	1147	913	457
32. Верхненыдская	66,2	3332	40,8	2004	2270	1128	904	449
35. Усть-Нгарская	66,6	3301	41,3	1971	2238	1103	891	439
36. Верхненгарская	66,7	3294	41,4	1962	2230	1097	888	437
37. Сидоровская	66,8	3286	41,5	1954	2222	1091	884	434
38. Южнохетская	68,2	3179	42,9	1838	2109	1003	839	399
<b>1в. Зональная область Западно-Сибирской тундры</b>								
33. Усть-Ныдская	66,4	3317	41,0	1987	2254	1116	897	444
34. Северо-ненецкая	67,7	3218	42,4	1879	2149	1034	855	412
39. Усть-Пурская	67,4	3240	42,1	1904	2174	1053	865	419
40. Верхлукыхская	67,3	3248	42,0	1913	2182	1059	868	422
41. Щучинская	68	3195	42,7	1854	2125	1015	846	404
42. Мессояхская	68,6	3149	43,3	1804	2077	978	827	389
43. Северохетская	68,7	3141	43,4	1796	2069	972	823	387
44. Североямальская	70,9	2973	45,7	1613	1891	834	753	332
45. Юрибейская	70,5	3004	45,2	1646	1923	859	766	342
46. Гыданская	70,4	3012	45,1	1655	1931	865	769	344
47. Верхтанамская	69,6	3073	44,3	1721	1996	915	794	364
48. Танамская	69,6	3073	44,3	1721	1996	915	794	364
49. Усть-Енисейская	70,1	3034	44,8	1680	1956	884	778	352
50. Северогыданская	71,3	2943	46,1	1580	1859	809	740	322

## Приложение Н

**Коэффициенты вариации и годовые суммы водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов климата ( $Z_k$ ) и максимально возможного суммарного испарения ( $Z_m$ ) ландшафтных провинций обеспеченностью 5, 20, 80 и 95%**

Провинция	ф ГЦ, с.ш.	Коэффициент вариации		Годовые суммы $Z_k$ (мм) обеспеченностью				Годовые суммы $Z_m$ (мм) обеспеченностью			
		$Z_k$	$Z_m$	5%	20%	95%	80%	5%	20%	80%	95%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b><i>1а Зональная область Западно-Сибирской тайги</i></b>											
1. Туринская	58,3	0,043	0,079	1241	1201	1077	1117	731	690	605	564
2. Ашлыкская	57,1	0,040	0,073	1277	1238	1118	1157	759	719	636	596
3. Тобольская	58,4	0,044	0,079	1231	1191	1067	1107	723	682	597	557
4. Васюганская	57,8	0,042	0,076	1249	1209	1087	1127	736	696	613	573
5. Среднеиртышская	59,3	0,046	0,084	1253	1210	1076	1119	742	698	606	562
6. Кондинская	60,4	0,050	0,091	1169	1126	993	1036	674	632	542	500
7. Юганская	60,2	0,049	0,089	1159	1117	986	1028	666	624	537	495
8. Обь-Тымская	59,4	0,047	0,085	1232	1189	1057	1100	724	681	591	548
9. Кетско-Тымская	60	0,048	0,088	1195	1152	1019	1062	695	652	562	519
10. Чулымская	57,5	0,041	0,075	1249	1211	1091	1129	737	697	615	575

## Продолжение приложения Н

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11. Енисейская	59,4	0,047	0,085	1207	1166	1036	1078	705	663	575	533
12. Северо-Сосьвинская	63,4	0,062	0,113	1144	1092	932	984	656	606	501	451
13. Белогорская	62,9	0,060	0,109	1103	1055	906	954	622	576	479	434
14. Сургутская	61,8	0,055	0,100	1161	1114	969	1016	669	623	526	480
15. Вахская	61,9	0,056	0,101	1136	1090	947	993	648	603	509	464
16. Аганская	62,2	0,057	0,103	1128	1081	936	983	642	596	501	456
17. Верхнетазовская	62,5	0,058	0,105	1120	1072	925	973	635	589	493	448
18. Нижнеобское	65,6	0,073	0,133	1051	996	825	880	579	529	423	372
19. Полуйская	65,1	0,071	0,128	1048	995	830	883	576	528	425	377
20. Надымская	64,2	0,066	0,120	1072	1021	863	914	597	549	449	401
21. Нулетовская	62,9	0,060	0,109	1109	1060	911	959	626	580	483	437
22. Южнотазовская,	65	0,070	0,127	1067	1013	847	900	592	542	438	388
23. Пякупур-Толькинская	63,5	0,063	0,114	1092	1042	889	938	613	566	467	420
24. Тарко-Салесская	65,3	0,072	0,130	1042	989	823	876	572	523	420	371
25. Часельская	65,5	0,073	0,132	1038	984	817	871	569	520	416	367

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
26. Усть-Худосейская	65,3	0,072	0,130	1042	989	823	876	572	523	420	371
27. Среднетазовская	65,3	0,072	0,130	1042	989	823	876	572	523	420	371
28. Туруханская.	65,4	0,072	0,131	1039	986	819	873	570	520	418	369
<b>1б. Зональная область Западно-Сибирской лесотундры</b>											
29. Усть-Обская	66,7	0,080	0,144	1003	947	772	828	539	489	384	334
30. Салехардская	66,1	0,076	0,138	1020	965	794	849	553	504	399	350
31. Усть-Надымская	65,9	0,075	0,136	1026	971	801	856	558	509	405	355
32. Верхненыдская	66,2	0,077	0,139	1017	962	790	845	551	501	397	347
35. Усть-Нгарская	66,6	0,079	0,143	1006	950	775	832	542	492	386	336
36. Верхненгарская	66,7	0,080	0,144	1003	947	772	828	539	489	384	334
37. Сидоровская	66,8	0,080	0,145	1001	944	768	825	537	487	381	331
38. Южнохетская	68,2	0,089	0,160	962	902	717	777	504	453	345	294
<b>1в. Зональная область Западно-Сибирской тундры</b>											
33. Усть-Ныдская	66,4	0,078	0,141	1012	956	783	838	546	497	392	342
34. Северо-ненецкая	67,7	0,086	0,155	976	917	735	794	516	465	358	307
39. Усть-Пурская	67,4	0,084	0,151	984	926	746	804	523	472	366	315



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
40. Верхлукьяхская	67,3	0,083	0,150	987	929	750	807	525	475	368	318
41. Щучинская	68	0,088	0,158	968	908	724	783	509	458	351	300
42. Мессояхская	68,6	0,092	0,165	951	890	702	763	494	443	335	284
43. Северохетская	68,7	0,092	0,166	948	887	699	759	492	441	333	281
44. Североямальская	70,9	0,108	0,193	886	821	619	684	437	386	278	227
45. Юрибейская	70,5	0,105	0,188	898	833	633	698	447	396	288	236
46. Гыданская	70,4	0,104	0,187	900	836	637	701	450	398	290	239
47. Верхтанамская	69,6	0,099	0,177	923	860	666	729	470	418	310	259
48. Танамская	69,6	0,099	0,177	923	860	666	729	470	418	310	259
49. Усть-Енисейская	70,1	0,102	0,183	909	845	648	712	457	406	298	246
50. Северогыданская	71,3	0,111	0,199	875	809	605	671	427	376	268	217

**Приложение О**  
**Коэффициенты увлажнения ландшафтных провинций в средний (Кн ср) год**  
**и в годы 5, 20, 80 и 95% обеспеченности**

Провинция	Ф ГЦ, с.ш.	Кн ср	Cv (Кн)	Кн 5%	Кн 20%	Кн 80%	Кн 95%
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1а Зональная область Западно-Сибирской тайги</b>							
1. Туринская	58,3	0,859	0,24	1,20	0,92	0,69	0,52
2. Ашлыкская	57,1	0,747	0,23	1,03	0,79	0,60	0,47
3. Тобольская	58,4	0,907	0,24	1,26	0,97	0,72	0,55
4. Васюганская	57,8	0,831	0,24	1,15	0,88	0,67	0,51
5. Среднеиртышская	59,3	0,836	0,25	1,18	0,89	0,66	0,49
6. Кондинская	60,4	0,923	0,26	1,32	0,99	0,72	0,53
7. Юганская	60,2	1,051	0,26	1,50	1,13	0,82	0,60
8. Обь-Тымская,	59,4	0,957	0,25	1,35	1,03	0,76	0,56
9. Кетско-Тымская	60	1,029	0,26	1,46	1,11	0,81	0,60
10. Чулымская	57,5	0,924	0,23	1,28	0,98	0,74	0,57
11. Енисейская	59,4	1,119	0,25	1,58	1,20	0,88	0,66
12. Северо- Сосьвинская	63,4	0,936	0,30	1,40	1,02	0,70	0,47
13. Белогорская	62,9	1,053	0,29	1,56	1,15	0,79	0,54
14. Сургутская	61,8	1,062	0,28	1,55	1,15	0,81	0,58
15. Вахская	61,9	1,203	0,28	1,76	1,30	0,92	0,65
16. Аганская	62,2	1,101	0,28	1,61	1,20	0,84	0,59
17. Верхнетазовская	62,5	1,116	0,29	1,64	1,21	0,84	0,59
18. Нижнеобская	65,6	1,137	0,34	1,77	1,26	0,81	0,50
19. Полуйская	65,1	1,156	0,33	1,78	1,28	0,84	0,53
20. Надымская	64,2	1,094	0,32	1,66	1,20	0,80	0,53
21. Нулетовская	62,9	1,044	0,29	1,55	1,14	0,79	0,54
22. Южноненецкая	65	1,123	0,33	1,73	1,24	0,81	0,52
23. Пякупор- Толькинская	63,5	1,249	0,30	1,87	1,37	0,93	0,63
24. Тарко-Салесская	65,3	1,239	0,33	1,92	1,37	0,89	0,56
25. Часельская	65,5	1,192	0,34	1,85	1,32	0,85	0,53
26. Усть-Худосейская	65,3	1,166	0,33	1,81	1,29	0,84	0,53
27. Среднетазовская	65,3	1,166	0,33	1,81	1,29	0,84	0,53
28. Туруханская	65,4	1,173	0,34	1,82	1,30	0,84	0,53

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1б. Зональная область Западно-Сибирской лесотундры</b>							
29. Усть-Обская	66,7	1,349	0,36	2,15	1,51	0,94	0,55
30. Салехардская	66,1	1,220	0,35	1,92	1,36	0,86	0,52
31. Усть-Надымская	65,9	1,196	0,34	1,87	1,33	0,85	0,52
32. Верхненыдская	66,2	1,226	0,35	1,93	1,37	0,87	0,52
35. Усть-Нгарская	66,6	1,209	0,36	1,92	1,35	0,85	0,50
36. Верхненгарская	66,7	1,216	0,36	1,93	1,36	0,85	0,50
37. Сидоровская	66,8	1,486	0,36	2,37	1,67	1,03	0,60
38. Южнохетская	68,2	1,330	0,39	2,18	1,51	0,89	0,48
<b>1в. Зональная область Западно-Сибирской тундры</b>							
33. Усть-Ныдская	66,4	1,247	0,35	1,97	1,39	0,88	0,52
34. Северо-ненецкая	67,7	1,260	0,38	2,04	1,42	0,86	0,48
39. Усть-Пурская	67,4	1,238	0,37	2,00	1,39	0,85	0,48
40. Верхлукыхская	67,3	1,230	0,37	1,98	1,39	0,85	0,48
41. Щучинская	68	1,370	0,39	2,24	1,55	0,93	0,50
42. Мессояхская	68,6	1,333	0,40	2,20	1,52	0,89	0,46
43. Северохетская	68,7	1,442	0,40	2,39	1,64	0,96	0,49
44. Североямальская	70,9	1,474	0,45	2,57	1,71	0,91	0,38
45. Юрибейская	70,5	1,420	0,44	2,45	1,64	0,89	0,39
46. Гыданская	70,4	1,518	0,44	2,61	1,76	0,96	0,42
47. Верхтанамская	69,6	1,434	0,42	2,43	1,65	0,93	0,44
48. Танамская	69,6	1,434	0,42	2,43	1,65	0,93	0,44
49. Усть-Енисейская	70,1	1,485	0,43	2,54	1,71	0,95	0,43
50. Северогыданская	71,3	1,508	0,46	2,65	1,76	0,92	0,37

**Приложение II**  
**Избытки (+) и недостатки (-) увлажнения ландшафтных провинций в**  
**средний ( $\Delta H_{\text{ср}}$ ) год и в годы 5, 20, 80 и 95% обеспеченности, мм**

Провинция	Ф ГЦ, с.ш.	$\Delta H_{\text{ср}}$	$\Delta H_{5\%}$ , мм	$\Delta H_{20\%}$ , мм	$\Delta H_{80\%}$ , мм	$\Delta H_{95\%}$ , мм
1	2	3	4	5	6	7
<b>1а. Зональная область Западно-Сибирской тайги</b>						
1. Туринская	58,3	-91	127	-54	-203	-310
2. Ашлыкская	57,1	-172	19	-140	-269	-362
3. Тобольская	58,4	-60	169	-21	-177	-288
4. Васюганская	57,8	-111	99	-76	-218	-320
5. Среднеиртышская	59,3	-107	116	-69	-221	-330
6. Кондинская	60,4	-45	188	-4	-164	-277
7. Юганская	60,2	30	289	75	-103	-230
8. Обь-Тымская,	59,4	-27	223	16	-155	-277
9. Кетско-Тымская	60	18	281	64	-117	-246
10. Чулымская	57,5	-50	181	-12	-168	-281
11. Енисейская	59,4	73	358	123	-72	-211
12. Северо- Сосьвинская	63,4	-36	221	13	-167	-292
13. Белогорская	62,9	28	297	79	-110	-241
14. Сургутская	61,8	36	315	87	-107	-244
15. Вахская	61,9	113	421	169	-45	-195
16. Аганская	62,2	55	337	108	-89	-227
17. Верхнетазовская	62,5	63	349	116	-84	-224
18. Нижнеобская	65,6	65	366	126	-89	-236
19. Полуйская	65,1	75	373	134	-78	-224
20. Надымская	64,2	47	329	102	-97	-235
21. Нулетовская	62,9	24	292	74	-114	-245
22. Южноненецкая	65	60	357	119	-92	-236
23. Пякупур- Толькинская	63,5	129	450	190	-36	-193
24. Тарко-Салесская	65,3	112	432	176	-51	-207
25. Часельская	65,5	90	398	151	-219	-68
26. Усть-Худосейская	65,3	78	380	138	-223	-76
27. Среднетазовская	65,3	78	380	138	-223	-76
28. Туруханская	65,4	81	384	141	-222	-74

1	2	3	4	5	6	7
<b>1б. Зональная область Западно-Сибирской лесотундры</b>						
29. Усть-Обская	66,7	152	500	224	-26	-195
30. Салехардская	66,1	99	414	163	-62	-215
31. Усть-Надымская	65,9	89	398	152	-69	-219
32. Верхненыдская	66,2	101	418	166	-61	-215
35. Усть-Нгарская	66,6	92	404	156	-68	-220
36. Верхненгарская	66,7	94	408	159	-66	-219
37. Сидоровская	66,8	211	594	289	15	-172
38. Южнохетская	68,2	132	472	203	-42	-208
<b>1в. Зональная область Западно-Сибирской тундры</b>						
33. Усть-Ныдская	66,4	110	431	175	-55	-212
34. Северо-ненецкая	67,7	107	430	174	-58	-216
39. Усть-Пурская	67,4	100	417	165	-63	-218
40. Верхлукукьяхская	67,3	97	413	162	-65	-219
41. Щучинская	68	150	500	223	-30	-201
42. Мессояхская	68,6	130	469	201	-44	-210
43. Северохетская	68,7	171	538	249	-17	-196
44. Североямальская	70,9	157	520	237	-28	-205
45. Юрибейская	70,5	143	495	220	-37	-208
46. Гыданская	70,4	178	555	260	-15	-199
47. Верхтанамская	69,6	158	519	236	-27	-203
48. Танамская	69,6	158	519	236	-27	-203
49. Усть-Енисейская	70,1	171	541	251	-19	-200
50. Северогыданская	71,3	163	531	244	-25	-204

### Приложение Р

**Влажность деятельного слоя почвы ландшафтных провинций в долях наименьшей влагоемкости в средний ( $V_{ср}$ ) год и в годы 5, 20, 80 и 95% обеспеченности**

Провинция	Ф ГЦ, с.ш.	$V_{ср}$	$V5\%$	$V20\%$	$V80\%$	$V95\%$
1	2	3	4	5	6	7
<i><b>1а Зональная область Западно-Сибирской тайги</b></i>						
1. Туринская	58,3	0,91	1,12	0,95	0,79	0,67
2. Ашлыкская	57,1	0,83	1,02	0,86	0,73	0,62
3. Тобольская	58,4	0,94	1,15	0,98	0,82	0,69
4. Васюганская	57,8	0,89	1,09	0,93	0,78	0,66
5. Среднеиртышская	59,3	0,90	1,11	0,93	0,78	0,65
6. Кондинская	60,4	0,95	1,18	1,00	0,83	0,69
7. Юганская	60,2	1,03	1,26	1,07	0,89	0,75
8. Обь-Тымская,	59,4	0,97	1,20	1,02	0,84	0,71
9. Кетско-Тымская	60	1,02	1,25	1,06	0,88	0,73
10. Чулымская	57,5	0,95	1,16	0,99	0,83	0,71
11. Енисейская	59,4	1,07	1,31	1,11	0,93	0,78
12. Северо-Сосьвинская	63,4	0,96	1,21	1,01	0,82	0,65
13. Белогорская	62,9	1,03	1,28	1,08	0,88	0,71
14. Сургутская	61,8	1,04	1,29	1,08	0,89	0,73
15. Вахская	61,9	1,11	1,38	1,16	0,95	0,78
16. Аганская	62,2	1,06	1,31	1,11	0,90	0,74
17. Верхнетазовская	62,5	1,06	1,32	1,12	0,91	0,74
18. Нижнеобская	65,6	1,07	1,35	1,13	0,90	0,70
19. Полуйская	65,1	1,08	1,36	1,14	0,91	0,72
20. Надымская	64,2	1,05	1,31	1,11	0,89	0,71
21. Нулетовская	62,9	1,02	1,28	1,08	0,87	0,71
22. Южноненецкая	65	1,06	1,34	1,12	0,90	0,70
23. Пякупур-Толькинская	63,5	1,13	1,41	1,19	0,96	0,77
24. Тарко-Салесская	65,3	1,12	1,41	1,18	0,94	0,74
25. Часельская	65,5	1,10	1,38	1,16	0,92	0,72
26. Усть-Худосейская	65,3	1,08	1,36	1,14	0,91	0,72
27. Среднетазовская	65,3	1,08	1,36	1,14	0,91	0,72
28. Туруханская	65,4	1,09	1,37	1,15	0,91	0,72

Провинция	φ ГЦ, с.ш.	V <sub>ср</sub>	V5%	V20%	V80%	V95%
1	2	3	4	5	6	7
<b>1б. Зональная область Западно-Сибирской лесотундры</b>						
29. Усть-Обская	66,7	1,16	1,47	1,23	0,97	0,74
30. Салехардская	66,1	1,11	1,40	1,17	0,93	0,72
31. Усть-Надымская	65,9	1,10	1,38	1,16	0,92	0,71
32. Верхненыдская	66,2	1,11	1,40	1,17	0,93	0,72
35. Усть-Нгарская	66,6	1,10	1,39	1,17	0,92	0,70
36. Верхненгарская	66,7	1,10	1,39	1,17	0,92	0,70
37. Сидоровская	66,8	1,22	1,54	1,29	1,02	0,78
38. Южнохетская	68,2	1,15	1,45	1,22	0,95	0,70
<b>1в. Зональная область Западно-Сибирской тундры</b>						
33. Усть-Ныдская	66,4	1,12	1,41	1,18	0,94	0,72
34. Северо-ненецкая	67,7	1,12	1,42	1,19	0,93	0,70
39. Усть-Пурская	67,4	1,11	1,41	1,18	0,92	0,70
40. Верхлукыяхская	67,3	1,11	1,40	1,17	0,92	0,70
41. Щучинская	68	1,16	1,48	1,24	0,96	0,72
42. Мессояхская	68,6	1,15	1,45	1,22	0,94	0,69
43. Северохетская	68,7	1,19	1,51	1,26	0,98	0,72
44. Североямальская	70,9	1,18	1,51	1,26	0,96	0,66
45. Юрибейская	70,5	1,17	1,49	1,25	0,95	0,66
46. Гыданская	70,4	1,20	1,53	1,28	0,98	0,68
47. Верхтанамская	69,6	1,18	1,50	1,26	0,97	0,69
48. Танамская	69,6	1,18	1,50	1,26	0,97	0,69
49. Усть-Енисейская	70,1	1,19	1,52	1,27	0,98	0,69
50. Северогыданская	71,3	1,19	1,52	1,27	0,97	0,65

### Приложение С

**Расчетные параметры уравнений связи (а, n и m), элементы влагооборота: общее увлажнение (КХ, мм), суммарное испарение (Z, мм), валовое увлажнение (F, мм), суммарный (Y, мм), подземный (Y<sub>2</sub>, мм) и поверхностный (Y<sub>1</sub>, мм) сток в средний год**

Провинция	Параметры			КХ	Z	Y	F	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>
	a	n	m						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1а Зональная область Западно-Сибирской тайги</b>									
1. Туринская	0,583	2,262	3,404	556,4	439,0	117,4	480,8	75,6	41,8
2. Ашлыкская	0,570	2,602	3,863	506,0	436,6	69,4	460,1	45,9	23,5
3. Тобольская	0,586	2,123	3,206	580,3	438,5	141,8	489,7	90,6	51,2
4. Васюганская	0,579	2,137	3,206	544,0	427,5	116,5	468,8	75,2	41,3
5. Среднеиртышская	0,580	2,347	3,523	544,5	439,2	105,3	476,4	68,1	37,2
6. Кондинская	0,611	2,067	3,205	542,0	402,7	139,3	449,9	92,1	47,2
7. Юганская	0,614	1,744	2,712	610,0	399,6	210,4	472,1	137,9	72,5
8. Обь-Тымская	0,587	1,980	2,995	608,9	438,3	170,6	500,5	108,4	62,2
9. Кетско-Тымская	0,601	1,775	2,723	624,7	416,7	208,0	490,6	134,1	73,9
10. Чулымская	0,579	1,775	2,660	606,3	426,2	180,1	492,0	114,3	65,8
11. Енисейская	0,595	1,665	2,514	692,0	430,3	261,7	525,5	166,5	95,2
12. Северо-Сосьвинская	0,629	1,393	2,202	517,8	325,2	192,6	385,2	132,6	60,0
13. Белогорская	0,644	0,946	1,516	555,5	260,1	295,4	342,9	212,6	82,8
14. Сургутская	0,617	1,394	2,175	610,3	360,0	250,4	442,5	167,9	82,5
15. Вахская	0,627	1,745	2,668	669	407,1	261,9	497,4	171,6	90,3
16. Аганская	0,631	1,394	2,173	604	349,6	254,4	431,0	173,0	81,4
17. Верхнетазовская	0,636	0,743	1,158	604	224,7	379,3	325,3	278,7	100,6
18. Нижнеобское	0,679	1,162	1,927	541,0	278,7	262,3	346,6	194,4	71,6



Провинция	Параметры			KX	Z	Y	F	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>
	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>m</i>						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19. Полуйская	0,678	1,264	2,102	551	295,1	255,9	367,0	184,0	71,9
20. Надымская	0,663	0,878	1,468	546	236,8	309,2	317,7	228,3	80,9
21. Нулетовская	0,642	0,878	1,417	555	246,5	308,5	331,5	223,5	85,0
22. Южноненецкая	0,669	0,878	1,442	550,5	232,7	317,8	313,2	237,3	80,5
23. Пякупур-Толькинская	0,651	1,337	2,153	645	340,8	304,2	434,6	210,4	93,8
24. Тарко-Салесская	0,682	1,17	1,932	584	288,2	295,8	369,7	214,3	81,5
25. Часельская	0,685	1,17	1,951	557,5	280,7	276,8	355,9	201,6	75,2
26. Усть-Худосейская	0,682	0,788	1,250	550	210,8	339,2	292,3	257,7	81,5
27. Среднетазовская	0,682	0,788	1,250	550	210,8	339,2	292,3	257,8	81,5
28. Туруханская	0,684	0,900	1,428	550	234,5	315,5	313,7	236,3	79,2
<b>1б. Зональная область Западно-Сибирской лесотундры</b>									
29. Усть-Обская	0,709	1,008	1,720	589	252	337	336	253	84
30. Салехардская	0,697	1,008	1,701	551	250	301	326	225	76
31. Усть-Надымская	0,693	0,878	1,476	546	226	320	304	242	78
32. Верхненыдская	0,699	0,878	1,484	551	225	326	303	248	78
35. Усть-Нгарская	0,707	0,878	1,495	531	218	313	292	239	73
36. Верхненгарская	0,709	0,878	1,498	531	218	313	291	240	73
37. Сидоровская	0,712	0,878	1,501	645	236	409	332	313	96
38. Южнохетская	0,743	0,878	1,546	531	207	324	277	254	70

Провинция	Параметры			KX	Z	Y	F	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>
	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>m</i>						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b><i>1в. Зональная область Западно-Сибирской тундры</i></b>									
33. Усть-Ныдская	0,703	1,434	2,433	554	303	251	373	181	70
34. Северо-ненецкая	0,731	1,341	2,336	519	273	246	336	183	63
39. Усть-Пурская	0,725	1,341	2,322	519	276	243	339	180	63
40. Верхлукыхская	0,722	1,341	2,317	519	277	242	340	179	63
41. Щучинская	0,738	1,434	2,513	554	287	267	356	197	70
42. Мессояхская	0,753	1,341	2,382	519	264	254	327	192	63
43. Северохетская	0,756	1,361	2,423	558	273	285	344	214	71
44. Североямальская	0,819	1,129	2,124	489	214	276	270	219	56
45. Юрибейская	0,806	1,015	1,888	485	203	283	259	226	57
46. Гыданская	0,803	1,131	2,099	522	224	298	288	235	63
47. Верхтанамская	0,780	1,131	2,057	522	232	290	297	226	64
48. Танамская	0,780	1,131	2,057	522	232	290	297	226	64
49. Усть-Енисейская	0,794	1,131	2,083	522	227	295	291	231	64
50. Северогыданская	0,832	1,015	1,930	485	195	290	251	235	55

### Приложение Т1

**Удельная экологическая техноёмкость приземных слоев атмосферы ландшафтных провинций, усл.т/км<sup>2</sup> год ( $t_1$  – в средний год, в годы обеспеченностью 75% -  $t_{1\ 75\%}$  и 95% -  $t_{1\ 95\%}$ )**

Провинция	Геогр. широта геом. центра провинции	Скорость ветра $v$ , м/с	усл.т/км <sup>2</sup> год		
			$t_1$	$t_{1\ 75\%}$	$t_{1\ 95\%}$
1	2	3	4	5	6
<b>1а. Зональная область Западно-Сибирской тайги</b>					
1. Туринская	58,3	3,7	856,2	513,7	256,9
2. Ашлыкская	57,1	3,5	809,9	486,0	243,0
3. Тобольская	58,4	3,4	786,8	472,1	236,0
4. Васюганская	57,8	3,0	689,1	413,5	206,7
5. Среднеиртышская	59,3	3,2	728,9	437,4	218,7
6. Кондинская	60,4	3,6	838,9	503,3	251,7
7. Юганская	60,2	3,9	902,5	541,5	270,7
8. Обь-Тымская	59,4	4,0	925,6	555,4	277,7
9. Кетско-Тымская	60,0	2,5	570,8	342,5	171,2
10. Чулымская	57,5	3,6	825,4	495,2	247,6
11. Енисейская	59,4	3,4	786,8	472,1	236,0
12. Северо-Сосьвинская	63,4	2,6	597,0	358,2	179,1
13. Белогорская	62,9	3,2	728,9	437,4	218,7
14. Сургутская	61,8	4,5	1049,1	629,4	314,7
15. Вахская	61,9	3,4	786,8	472,1	236,0
16. Аганская	62,2	3,6	833,1	499,8	249,9
17. Верхнетазовская	62,5	3,6	833,1	499,8	249,9
18. Нижнеобская	65,6	3,3	771,4	462,8	231,4
19. Полуйская	65,1	3,1	717,4	430,4	215,2
20. Надымская	64,2	2,9	671,1	402,7	201,3
21. Нулетовская	62,9	4,2	971,9	583,2	291,6
22. Южноненецкая	65,0	3,55	821,5	492,9	246,5
23. Пякупур-Толькинская	63,5	3,1	717,4	430,4	215,2
24. Тарко-Салесская	65,3	3,7	856,2	513,7	256,9
25. Часельская	65,5	3,65	844,6	506,8	253,4

1	2	3	4	5	6
26. Усть-Худосейская	65,3	3,3	763,7	458,2	229,1
27. Среднетазовская	65,3	3,3	763,7	458,2	229,1
28. Туруханская	65,4	3,3	763,7	458,2	229,1
<b>1б. Зональная область Западно-Сибирской лесотундры</b>					
29. Усть-Обская	66,7	5,15	1191,8	715,1	357,5
30. Салехардская	66,1	3,1	717,4	430,4	215,2
31. Усть-Надымская	65,9	2,9	671,1	402,7	201,3
32. Верхненыдская	66,2	3,55	821,5	492,9	246,5
35. Усть-Нгарская	66,6	3,6	833,1	499,8	249,9
36. Верхненгарская	66,7	3,6	833,1	499,8	249,9
37. Сидоровская	66,8	3,1	717,4	430,4	215,2
38. Южнохетская	68,2	5,25	1214,9	728,9	364,5
<b>1в. Зональная область Западно-Сибирской тундры</b>					
33. Усть-Ныдская	66,4	5,1	1180,2	708,1	354,1
34. Северо-ненецкая	67,7	6,2	1434,7	860,8	430,4
39. Усть-Пурская	67,4	6,2	1434,7	860,8	430,4
40. Верхлукуяхская	67,3	6,2	1434,7	860,8	430,4
41. Щучинская	68,0	5,1	1180,2	708,1	354,1
42. Мессояхская	68,6	7	1573,6	944,2	472,1
43. Северохетская	68,7	6,2	1434,7	860,8	430,4
44. Североямальская	70,9	6,4	1481,0	888,6	444,3
45. Юрибейская	70,5	6,6	1527,3	916,4	458,2
46. Гыданская	70,4	6,3	1457,9	874,7	437,4
47. Верхтанамская	69,6	6,3	1457,9	874,7	437,4
48. Танамская	69,6	6,3	1457,9	874,7	437,4
49. Усть-Енисейская	70,1	6,3	1457,9	874,7	437,4
50. Северогыданская	71,3	6,6	1527,3	916,4	458,2

### Приложение Т2

**Удельная экологическая техноёмкость ресурсов поверхностных вод ландшафтных провинций, усл.т/км<sup>2</sup> год ( $t_2$  – суммарного стока в средний год, поверхностного  $t_2'$  и подземного  $t_2''$  стока, суммарного стока в год 95% обеспеченности  $t_{2\ 95\%}$ )**

Провинция	Удельная экологическая техноёмкость, усл.т/км <sup>2</sup> год			
	$t_2$	$t_2'$	$t_2''$	$t_{2\ 95\%}$
1	2	3	4	5
<b><i>1а Зональная область Западно-Сибирской тайги</i></b>				
1. Туринская	1,41	0,91	0,50	0,46
2. Ашлыкская	0,83	0,55	0,28	0,16
3. Тобольская	1,70	1,09	0,61	0,63
4. Васюганская	1,40	0,90	0,49	0,45
5. Среднеиртышская	1,26	0,82	0,45	0,37
6. Кондинская	1,67	1,11	0,57	0,62
7. Юганская	2,52	1,65	0,87	1,20
8. Обь-Тымская	2,05	1,30	0,75	0,86
9. Кетско-Тымекая	2,50	1,61	0,89	1,18
10. Чулымская	2,16	1,37	0,79	0,94
11. Енисейская	3,14	2,00	1,14	1,67
12. Северо-Сосьвинская	2,31	1,59	0,72	1,05
13. Белогорская	3,54	2,55	0,99	2,00
14. Сургутская	3,00	2,01	0,99	1,57
15. Вахская	3,14	2,06	1,08	1,68
16. Аганская	3,05	2,08	0,98	1,60
17. Верхнетазовская	4,55	3,34	1,21	2,86
18. Нижнеобская	3,15	2,29	0,86	1,68
19. Полуйская,	3,07	2,21	0,86	1,62
20. Надымская	3,71	2,74	0,97	2,14
21. Нулетовская	3,70	2,68	1,02	2,13
22. Южноненецкая	3,78	2,80	0,98	2,20
23. Пякупур-Толькинская	3,65	2,53	1,13	2,09
24. Тарко-Салесская	3,55	2,57	0,98	2,00

1	2	3	4	5
25. Часельская	3,32	2,41	0,90	1,81
26. Усть-Худосейская	4,07	3,09	0,98	2,44
27. Среднетазовская	4,07	3,09	0,98	2,44
28. Туруханская	3,79	2,84	0,95	2,20
<b>1б. Зональная область Западно-Сибирской лесотундры</b>				
29. Усть-Обская	4,04	3,04	1,00	2,42
30. Салехардская	3,62	2,70	0,92	2,06
31. Усть-Надымская	3,84	2,91	0,93	2,25
32. Верхненыдская	3,91	2,97	0,94	2,31
35. Усть-Нгарская	3,75	2,87	0,88	2,17
36. Верхненгарская	3,76	2,88	0,88	2,18
37. Сидоровская	4,91	3,75	1,15	3,18
38. Южнохетская	3,89	3,04	0,84	2,29
<b>1в. Зональная область Западно-Сибирской тундры</b>				
33. Усть-Ныдская	3,01	2,17	0,83	1,57
34. Североненецкая	2,95	2,19	0,75	1,52
39. Усть-Пурская	2,91	2,16	0,75	1,49
40. Верхлукуяхская	2,90	2,15	0,75	1,49
41. Щучинская	3,21	2,37	0,84	1,72
42. Мессояхская	3,05	2,30	0,75	1,60
43. Северохетская	3,42	2,56	0,85	1,90
44. Североямальская	3,31	2,63	0,68	1,81
45. Юрибейская	3,39	2,71	0,68	1,88
46. Гыданская	3,58	2,82	0,76	2,03
47. Верхтанамская	3,48	2,71	0,77	1,95
48. Танамская	3,48	2,71	0,77	1,95
49. Усть-Енисейская	3,54	2,78	0,77	2,00
50. Северогыданская	3,48	2,81	0,66	1,95

### Приложение ТЗ

**Соотношение ресурсов влаги и тепла ( $KX/Z_k$ ), годовичная продукция фитоценозов ( $P_v$ ), запас фитомассы ( $B$ ), удельная экологическая техноёмкость фитоценозов ( $t_3$ ), относительная влажность почв  $W$  в долях наименьшей  $W_{нв}$  ( $W/W_{нв}$ ) и полной  $W_{пв}$  ( $W/W_{пв}$ ) влагоемкости**

Провинция	$KX/Z_k$	$P_v$ т/км <sup>2</sup>	$B$ тыс.т/км <sup>2</sup>	$t_3$ усл.т/км <sup>2</sup>	$W/W_{нв}$	$W/W_{пв}$
1	2	3	4	5	6	7
<i>1а Зональная область Западно-Сибирской тайги</i>						
1. Туринская	0,480	712,0	13,439	6,00	0,91	0,64
2. Ашлыкская	0,422	714,3	11,457	7,09	0,83	0,58
3. Тобольская	0,505	702,6	13,970	5,62	0,94	0,66
4. Васюганская	0,466	715,1	13,045	6,24	0,89	0,62
5. Среднеиртышская	0,468	714,7	13,119	6,19	0,92	0,63
6. Кондинская	0,501	704,2	13,912	5,67	0,95	0,67
7. Юганская	0,568	655,5	14,093	4,85	1,01	0,72
8. Обь-Тымская	0,532	686,3	14,260	5,26	0,99	0,68
9. Кетско-Тымская	0,565	659,4	14,144	4,89	1,02	0,71
10. Чулымская	0,518	695,6	14,150	5,44	0,94	0,67
11. Енисейская	0,603	616,5	13,273	4,56	1,07	0,75
12. Северо-Сосьвинская	0,499	705,2	13,870	5,71	1,00	0,67
13. Белогорская	0,553	669,8	14,245	5,01	1,02	0,72
14. Сургутская	0,573	651,2	14,028	4,81	1,05	0,72
15. Вахская	0,645	556,0	11,269	4,36	1,11	0,78
16. Аганская	0,566	657,9	14,126	4,88	1,06	0,74
17. Верхнетазовская	0,566	657,9	14,126	4,88	1,06	0,74
18. Нижнеобская	0,577	647,0	13,958	4,77	1,08	0,75
19. Полуйская	0,591	630,7	13,628	4,64	1,08	0,76
20. Надымская	0,592	630,3	13,618	4,64	1,05	0,73
21. Нулетовская	0,561	663,2	14,187	4,93	1,02	0,72
22 Южноненецкая	0,576	648,1	13,977	4,78	1,08	0,74

Продолжение приложения ТЗ

1	2	3	4	5	6	7
23. Пякупур-Толькинская	0,649	548,8	10,988	4,36	1,13	0,79
24. Тарко-Салесская	0,618	596,1	12,678	4,46	1,12	0,78
25. Часельская	0,601	618,4	13,323	4,57	1,10	0,77
26. Усть-Худосейская	0,581	642,0	13,865	4,73	1,08	0,76
27. Среднетазовская	0,581	642,0	13,865	4,73	1,08	0,76
28. Туруханская	0,581	642,0	13,865	4,73	1,09	0,76
<b>1б. Зональная область Западно-Сибирской лесотундры</b>						
29. Усть-Обская	0,663	525,5	10,023	4,38	1,16	0,81
30. Салехардская	0,591	630,7	13,628	4,64	1,11	0,78
31. Усть-Надымская-	0,592	630,3	13,618	4,64	1,10	0,77
32. Верхненыдская	0,576	648,1	13,977	4,78	1,11	0,78
35. Усть-Нгарская	0,605	613,9	13,203	4,54	1,10	0,77
36. Верхненгарская	0,605	622,1	13,203	4,54	1,10	0,77
37. Сидоровская	0,600	619,4	13,203	4,54	1,11	0,774
38. Южнохетская	0,598	622,5	13,430	4,59	1,15	0,80
<b>1в. Зональная область Западно-Сибирской тундры</b>						
33. Усть-Ныдская	0,627	583,6	12,269	4,42	1,12	0,78
34. Североненецкая	0,607	611,0	13,122	4,53	1,12	0,78
39. Усть-Пурская	0,607	611,0	13,122	4,53	1,11	0,78
40. Верхлукыхская	0,607	611,0	13,122	4,53	1,11	0,78
41. Щучинская	0,627	583,6	12,269	4,42	1,16	0,82
42. Мессояхская	0,651	545,0	10,835	4,36	1,15	0,80
43. Северохетская	0,647	551,4	11,090	4,36	1,19	0,83
44. Североямальская	0,631	577,2	12,049	4,40	1,18	0,83
45. Юрибейская	0,661	528,6	10,157	4,38	1,17	0,82
46. Гыданская	0,668	516,6	9,636	4,41	1,20	0,84




## Окончание приложения ТЗ


1	2	3	4	5	6	7
47. Верхтанамская	0,668	516,6	9,636	4,41	1,18	0,83
48. Танамская	0,668	516,6	9,636	4,41	1,18	0,83
49. Усть-Енисейская	0,668	516,6	9,636	4,41	1,19	0,84
50. Северогыданская	0,661	528,6	10,157	4,38	1,19	0,83

## Приложение Ф Акты внедрения

Утверждаю:  
Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО Омский ГАУ  
д-р экон. наук  
В.В. Алещенко  
14 марта 2016 г.



Утверждаю:  
Заместитель руководителя ОВР  
Нижне-Обского БВУ  
И.В. Шантина  
14 марта 2016 г.



**Акт внедрения  
Научно-исследовательской работы  
«Методика оценки параметров экологического потенциала  
и экологической техноёмкости ресурсов поверхностных вод  
бассейнов нижнего Иртыша и нижней Оби»  
Автор: Н.Л. Ряполова**

«11» марта 2016 г. Комиссия в составе: представителя ОВР Нижне-Обского БВУ: заместителя руководителя И.В. Шантиной и представителей ФГБОУ ВО Омский ГАУ: декана факультета «Агрохимии, почвоведения, экологии, природообустройства и водопользования» доц., канд. с.-х. наук Н.В. Гоман, заведующего кафедрой «Природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов», доц., канд. с.-х. наук А.И. Кныша, составила настоящий акт о том, что в ОВР Нижне-Обского БВУ внедрены результаты научно-исследовательской работы Ряполовой Н.Л. по теме: «Методика оценки параметров экологического потенциала и экологической техноёмкости ресурсов поверхностных вод бассейнов нижнего Иртыша и нижней Оби».

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

Расчетные зависимости и картосхемы для выявления удельных значений экологических потенциалов и параметров экологической техноёмкости поверхностных вод суши, внедрены и используются в производстве при определении эколого-географических условий формирования водных ресурсов бассейнов нижнего Иртыша и нижней Оби.

Предложения о дальнейшем внедрении работы и другие замечания:

Применение в расчётах стандартных данных метеонаблюдений позволяет использовать методику оценки эколого-географических условий формирования геосистем при моделировании режимов водопользования, обеспечивающих устойчивый баланс и безопасность бассейнов и прогнозировать функционирование их в перспективе.

Представитель ОВР Нижне-Обского БВУ  
Главный специалист-эксперт

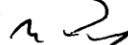


М.В. Езепова

Представители ФГБОУ ВО Омский ГАУ  
Декан ф-та АПЭПВ доц., канд. с.-х. наук  
Заведующий каф. ПВОВР доц., канд. с.-х. наук



Н.В. Гоман



А.И. Кныш

Утверждаю:

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО Омский ГАУ

Н.Т. Юрченко

«19» сентября 2016 г.



Утверждаю:

Генеральный директор  
ООО «ОмНИОГиМ»

Н.Т. Юрченко



«19» сентября 2016 г.

## Акт внедрения

Научно-исследовательской работы

«Комплексная оценка эколого-географических условий формирования и функционирования геосистем Западной Сибири»

Автор: Н.Л. Ряполова

«15» сентября 2016 г. Комиссия в составе: представителя ООО «Омский научно-исследовательский отдел гидротехники и мелиорации» генерального директора Н.Т. Юрченко и представителей ФГБОУ ВО Омский ГАУ: декана ф-та «Агрохимии, почвоведения, экологии, природообустройства и водопользования» доц., канд. с.-х. наук Н.В. Гоман, заведующего кафедрой «Природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов», доц., канд. с.-х. наук А.И. Кныша, составила настоящий акт о том, что в ООО «Омский научно-исследовательский отдел гидротехники и мелиорации» внедрены результаты научно-исследовательской работы Ряполовой Н.Л. по теме «Комплексная оценка эколого-географических условий формирования и функционирования геосистем Западной Сибири».

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

Составленные картосхемы и материалы количественной оценки основных параметров эколого-географических условий формирования и функционирования экосистем внедрены и используются в производстве при оценке закономерностей формирования экологических характеристик мелиорируемых территорий Омской области.

Предложения о дальнейшем внедрении работы и другие замечания:

Целесообразно расширить внедрение методики количественной оценки эколого-географических условий формирования и функционирования геосистем при комплексной мелиоративной оценке закономерности формирования экологического потенциала и устойчивости природных систем на ландшафтов Западной Сибири.

Представитель ООО «ОмНИОГиМ»

Ведущий инженер

В.В. Внукова

Представители ФГБОУ ВО Омский ГАУ

Декан ф-та АПЭПВ доц., канд. с.-х. наук


Заведующий каф. ПВОВР

доц., канд. с.-х. наук

Н.В. Гоман

А.И. Кныш

Утверждаю  
Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО Омский ГАУ

  
«23» января 2017 г.

Утверждаю  
Проректор по образовательной  
деятельности ФГБОУ ВО Омский  
ГАУ канд. с.-х. наук  
С.Ю. Комарова  
«23» января 2017 г.

Акт внедрения  
Научно-исследовательской работы  
«Методика оценки экологического потенциала и экологической техноёмкости  
природных систем на ландшафтном уровне»  
Автор: Н.Л. Ряполова

«23» января 2017 г. Комиссия в составе: декана факультета «Агрохимии, почвоведения, экологии, природообустройства и водопользования» ФГБОУ ВО Омский ГАУ, доц., канд. с.-х. наук Н.В. Гоман, заведующего кафедрой «Природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов», доц., канд. с.-х. наук А.И. Кныша, составила настоящий акт о том, что на факультете «Агрохимии, почвоведения, экологии, природообустройства и водопользования» ФГБОУ ВО Омский ГАУ внедрены результаты научно-исследовательской работы Ряполовой Н.Л. по теме «Методика оценки экологического потенциала и экологической техноёмкости природных систем на ландшафтном уровне».

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

- Полученные зависимости для расчета удельных значений экологических потенциалов и параметров экологической техноёмкости трех основных природных сред – приземного слоя воздуха, поверхностных вод суши, фитоценозов внедрены и используются в учебном процессе и в научно-исследовательской работе обучающихся при определении экологического потенциала и экологической техноёмкости природных систем.

Предложения о дальнейшем внедрении работы и другие замечания:

- Полученные зависимости целесообразно применять для оценки эколого-географических условия формирования геосистем исследуемого региона и прогнозирования их функционирования в перспективе при выполнении расчетно-графических работ, в курсовом и дипломном проектировании, а также в научно-исследовательской работе обучающихся на факультете АПЭПВ.

Декан ф-та АПЭПВ  
доц., канд. с.-х. наук

 Н.В. Гоман

Заведующий каф. ПВОВР  
доц., канд. с.-х. наук

 А.И. Кныш