

УДК 504.7.05: 551.582 (571.1/5)

Организация циклов средообразующих и климатообразующих процессов

I. Постановка проблемы

Виктор И. Шишлов*

*Институт мониторинга климатических
и экологических систем СО РАН,
634055 Россия, Томск, пр. Академический, 10/3¹*

Received 26.11.2008, received in revised form 3.12.2008, accepted 10.12.2008

Проблемы экосистемных изменений и организации цикла средообразующих и климатообразующих процессов исследованы в рамках системно-эволюционной методологии на основе совместного анализа сопряженных изменений сред, компонентов геосферы и межсистемных отношений в региональной природно-климатической системе. Выявлена климатически значимая роль подвижных циклонов и получены количественные оценки их вклада в изменение характеристик климата Западной Сибири. Условно обратимые преобразования экосистем вызывают межгодовые и условно обратимые многолетние изменения характеристик регионального климата.

Направленность и характер эволюционно значимых изменений биосистем, в том числе и биоценозов, определяются их отношениями в рамках многоуровневой иерархии природно-хозяйственных и биоклиматических отношений. Сокращение биомассы и продуктивности биоценозов, уменьшение биоразнообразия свидетельствуют о нарушении естественных процессов экстенсивного развития сообществ организмов в биосфере.

Ключевые слова: циклы, межсистемные отношения, экосистемные изменения, влияние циклонов, изменения характеристик.

Введение

Подсистемы биосферы и компоненты геосферы связаны в рамках многоуровневой иерархии межсистемных отношений через единые циклы энергопреобразования, энергопереноса и трансформации сред (Шишлов, 2003а), циркуляции водных и воздушных масс, геохимического и биологического круговоротов веществ. Биосферно значимые изменения сред создают условия ускоренной эволюции биоценологических комплексов и природно-

антропогенных отношений. Биогеохимическая деятельность в биосфере заключается в осуществлении циклов переноса (круговоротов) веществ и энергии между ее компонентами. Организованность процессов – основа существования биосферы. В геосфере реализуются циклы энергопреобразования и макромасштабного вещественно-энергетического круговорота, которые поддерживают биогеохимические процессы в компонентах биосферы: природных водах, атмосфере, почве, фитоцено-

* Corresponding author E-mail address: shishlov@imces.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

зах, зооценозах и биосоциальных системах. Общество создает новые формы социально-хозяйственной организованности, новые типы вещественно-энергетических круговоротов, которые не всегда укладываются в рамки организованности биосферы. Перестройки организации циклов процессов энергомассопереноса и энергомассообмена атмосферы с океанами и экосистемами суши формируют в условиях природно-техногенных взаимодействий механизм трансформации сред, биоценозов и изменения их функций. Это предопределяет связи и взаимообусловленность глобальных и региональных биосферно-геосферных изменений.

Азональный (очаговый) характер наблюдаемых изменений природно-климатических условий и перестройки организации процессов вызывает необходимость более полного и глубокого изучения проблем региональной изменчивости. Параметризация свойств подстилающей поверхности при моделировании климатических изменений (Кабанов, Лыков, 2006) не позволяет учесть особенности организации процессов в деятельном слое суши и взаимодействия атмосферы с гидрологическими объектами, с лесными и болотными экосистемами, которые существенно влияют на процессы погодообразования, влагооборот, радиационный баланс и требуют более полного и точного описания.

Настоящая работа посвящена исследованию организации цикла средообразующих и климатообразующих процессов в региональных природно-климатических системах (ПКС) и их влияния на изменения местных природно-климатических условий.

Методология, концепции, модели и методы исследования

Сложность процессов эволюции природной среды, изменений климата, явлений биологической и социальной жизни в условиях

возрастания роли новых типов неестественных природно-техногенных взаимодействий, несогласованности природно-антропогенных и других межсистемных отношений в геосфере вызвали необходимость пересмотра стратегии изучения такого рода иерархически связанных проблем (Заварзин, Котляков, 1998) и разработки новых общенаучных методологических подходов. Решение фундаментальных проблем в части установления причинно-следственных связей в наблюдаемых изменениях под влиянием природных и антропогенных факторов требует разработки методологических основ мультидисциплинарного исследования взаимосвязанных проблем на основе комплексного мониторинга окружающей среды. Основываясь на представлениях о геосфере как о глобальной иерархической макросистеме, развитие такой методологии базируется на системно-эволюционной парадигме взаимообусловленных изменений систем, межсистемных отношений и циклов процессов (Кабанов и др., 2000).

Природная среда и климатическая система содержат компоненты, которые связаны через цепи процессов в деятельном слое и процессы биосферного цикла. В рамках системно-эволюционного подхода к исследованию сложных систем и явлений в геосфере предметом исследований служат взаимообусловленные необратимые и условно обратимые изменения самих систем (их структур и свойств), межсистемных отношений и циклов процессов. С необратимыми изменениями связаны способности систем к эволюции любого типа: химической, биологической, геологической. С условно обратимыми изменениями разного масштаба связаны изменения подсистем геосферы, которые являются открытыми системами. Появление антропоэко систем, эволюционные изменения которых обусловлены необратимыми структурными

перестройками, целенаправленными преобразованиями природных комплексов и сред, привело к изменению межсистемных отношений и условий существования природных экосистем.

Исследование изменчивости открытых систем при необратимых структурных и функциональных изменениях (Шишлов, 2002) привело к пониманию взаимообусловленного единства пространственно-структурных и функциональных изменений геосистем, преобразований их отношений в рамках макросистемы и реорганизации процессов, которые определяют ход их эволюции. Это позволило сформулировать новые принципы, сформировать систему представлений и развить методологию системно-эволюционного подхода к изучению изменчивости сложно организованных систем (Шишлов, 2003а). По методологии системно-эволюционного подхода геосфера Земли рассматривается как многоуровневое системно-организованное образование элементов, связанных процессами энергопреобразования и энергомассопереноса, а анализ изменчивости состояний ее подсистем проводится с учетом преобразований их отношений, межсистемных взаимодействий, их последствий и возможных процессов эволюции.

В рамках системно-эволюционного подхода принцип единой системы отношений элементов и процессов многоуровневой макросистемы отражает единство структурно-функциональной организации и отношений, а также единство сопряженных явлений и связанных процессов в подсистемах разного уровня. Принцип единого цикла согласованных процессов многоуровневой макросистемы отражает единство стадий сложных процессов, протекающих в подсистемах разного уровня. Принцип относительной согласованности внутрисистемных и межсистемных от-

ношений утверждает относительность существования стационарного состояния системы, которое реализуется в квазиравновесном режиме при условии согласованности внутрисистемных отношений подсистемы и ее отношений с другими системами всех уровней. При этом изменение любого из межсистемных отношений влияет на режимы процессов, что приводит к изменению их общего результата и к преобразованию состояния системы. Принцип относительной полноты, истинности и точности знаний о сложных системах накладывает ограничения на разрешимость проблем и реализуемость прагматических моделей, обеспечивающих достижение желаемых изменений. С использованием этих понятий и принципов развивается новая система представлений об эволюционных процессах, разрабатываются теории, средства моделирования, методы анализа, интерпретации результатов мультидисциплинарных исследований и мониторинга (Шишлов, Дюкарев, 2004).

Описание процессов и их идентификация проводятся в рамках формализма системной теории многошаговых процессов с использованием модели преобразования состояний природно-климатической системы (ПКС), модели многорежимного процесса погодообразования, информационной модели, средств описания и графического представления ансамбля состояний по результатам мониторинга, геокартографических моделей пространственно-структурной организации геосистем по результатам космомониторинга (Дюкарев и др., 2002; Шишлов, 2002). Последовательность динамических состояний ПКС, изменяемых при преобразованиях режимов погодообразования, описывается рядом матричных операторов. Обоснован набор биосферно значимых оценочных характеристик климата: продолжительность и характери-

ки вегетационного сезона, экстремумы метеовеличин, ритмы внутрисезонных, годовых, многолетних изменений метеовеличин. Информационная модель погодообразования содержит последовательность операторов климатических режимов и сопряженные с ними информационные элементы многоуровневой базы данных (табл. 1). В модели в качестве информационных элементов используются климатообразующие факторы, климатические режимы, классы погод, матрицы определяющих метеовеличин и оценочных характеристик атмосферных условий. Информационная модель реального климатического процесса описывает ансамбль состояний ПКС за многолетний интервал времени и изменения климата географического района. Как пример в табл. 2 приведена информационная модель реального процесса погодообразования за период с 20.10 по 12.11.1999 г.

Исследование и анализ различных аспектов изменчивости проводятся в рамках нескольких моделей (Dyukarev, Shishlov, 2003; Шишлов, Дюкарев, 2004), которые базируются на концепции энергопреобразующих систем и энергомассопереноса в геосфере (Шишлов, 2003). Рассмотрим кратко ее основы. Единая система отношений элементов и процессов геосферы предстает как единство связанных процессов и явлений в подсистемах разного уровня, а в пределах хронологических единиц совокупности явлений биогеоценотической, биологической и биосоциальной жизни связаны единой системой отношений с элементами подсистем, в которых они существуют. В условиях единой системы отношений существуют циклы упорядоченных процессов с определенными результатами на выходе, которые обеспечивают будущие процессы другого уровня или поддерживают условия их существования. Так, климатические ресурсы поддерживают условия существования

биогеоценологических явлений. Все объекты геосферы выполняют энергопреобразующие функции. Энергопреобразующие системы (ЭПС) связаны в рамках единой системы природных циклов энергомассопереноса и образуют самоорганизованные многоуровневые системы направленной поддержки процессов в подсистемах геосферы, биосферы и социосферы. Климатическая система (ЭПС уровня I) обеспечивает энергомассоперенос в рамках геосферы, реализует круговорот элементов и поддерживает атмосферные условия и среду, необходимую для функционирования явлений других уровней (биогеоценологических и биотических). Энергия, получаемая в климатической системе, поглощается объектами географической среды. Автотрофные экосистемы, в которых фитоценозы (ЭПС уровня II) превращают энергию излучения и косного вещества в биомассу, обеспечивают поддержку энергомассопереноса в рамках биосферы. Они реализуют круговорот биогенных элементов и поддерживают газовый состав атмосферы и среду жизни, необходимую для существования живых биосистем. Получаемая в фитоценозах энергия живого вещества распределяется между гетеротрофными биосистемами-потребителями. Природно-хозяйственные системы (ЭПС уровня III) обеспечивают энергомассоперенос в рамках социосферы, реализуют круговорот элементов жизнеобеспечения биосоциальных систем и поддерживают условия существования высокоорганизованных форм жизни в рамках социума (ЭПС уровня IV). Активные системы, входящие в состав ЭПС уровня IV, воздействуют на компоненты других уровней и влияют на организацию средообразующих и климатообразующих процессов.

Циклические изменения процессов и сред происходят под влиянием отношений внешних сил, потоков излучения, глобаль-

Таблица 1. Структура базы данных

Климатообразующие факторы (КФ)	Циркуляционные факторы (ЦФ): Юго-западный перенос (Ю-З П), Циклон (Ц), Антициклон (АЦ), Атмосферные фронты (АФ) Явления (Я): дождь ●, снегопад ❄, туман Изменения альбедо (ИА): +ΔА, -ΔА
Режимы погодообразования (РП)	Адвекция тепла (влаги) – АТ(В), Адвекция холода – АХ, Адвекция холода с осадками – АХ(О), Радиационный нагрев- РН, Радиационный нагрев с выхолаживанием – РН(В), Нейтральное равновесие – НР, Трансформация выхолаживания – ТрВ, Охлаждающий дождь – ОД, Метель – МС
Классы погод (КП)	Пасмурная VI, Дождливая VII, Облачная VIII, Ясная днем IX, Слабоморозная X, Морозные XI-XV
Матрица определяющих метеовеличин	Давление P, Температура tB, Влажность ω, Направление ветра (НВ), Солнечная радиация (I)
Климатологические портреты, карты	Циклические термограммы, метеопортреты, метеокарты

Таблица 2. Информационная модель многорежимного процесса погодообразования

ЦФ	Ц	С-З П			АЦ			Ц	Ю-З П		СП	С-З П	
Я	●	❄						●			❄		
ИА		+ΔА						-ΔА			+ΔА		
РП	ОД	АХ(О)			ТрВ			АТ(В)	НР		АХ(О)	ТрВ	
Дата	20-22	23	24	25	26	27	28	29-31	1-5	6-7	8-10	11	12
КП	VII	X	XI	X	XI	XII	XI	VII	VI	VII	X	XI	XII
P	730	740	743	747	748	750	750	720	738	743	738	745	740
tB	+9	+2	-5	-2	-10	-14	-6	+3	+5	+5	-3	-11	-14
ω	85	81	80	75	72	75	82	93	80	90	93	73	76
НВ	З-СЗ	З	СЗ	СЗ	СЗ	С	Ю	ЮЗ	ЮЗ	ЮЗ	С	СЗ	СЗ

ных круговоротов, циклов энергомассопереноса, циркуляции в рамках кинетических и термодинамических законов. Направленные условно обратимые изменения сред осуществляются в виде цепей биогеохимических превращений в биогеоценозах, фотохимических превращений в атмосфере, многофазных синоптических процессов и сопряженных с ними многорежимных процессов погодообразования в приземной атмосфере. Характерное время существования направленных неравновесных процессов определяется условиями сохранения их организации и обеспечения поддержки. Изменчивость нескольких совместно протекающих процессов разной

природы (биологических, гидрологических, метеорологических, техногенных) в рамках одной хорологической единицы вызывает сопряженные преобразования режимов сложных процессов одного или нескольких циклов геосферы и соответствующие эволюционные трансформации ее подсистем.

Зональный перенос воздушных масс объединяет многосвязанные циклы климатообразующих процессов в географических районах северного полушария и формирует совместно с водными течениями Атлантического и Тихого океанов основную составляющую сезонного изменения энергомассопереноса. Особое влияние на климат Евразии

оказывают течения Атлантического океана, центры действия атмосферы и цикл климатообразующих процессов Северной Атлантики, содержащей энергоактивные зоны, в которых циклонические вихри обеспечивают интенсивный вертикальный тепловлагообмен и поддержку энергетики атмосферы в холодный период года.

Сложная пространственно-неоднородная структура поверхности океана включает биоэнергоактивные зоны, богатые фитопланктоном, динамически активные звенья: движущиеся косяки рыб, стаи морских животных (тюленей, китов, морских котиков), зоны аквелинга, где перемешиваются слои океанических вод, техногенно загрязненные участки, льдины, айсберги в северных широтах, а также криогенные зоны выхолаживания. В Северном Ледовитом океане криогенные зоны выхолаживания приурочены к островам вечной мерзлоты, участкам дна с многолетне-мерзлыми грунтами, зонам сплочения льдов.

Пространственная ячеисто-зернистая структура суши содержит энергоактивные зоны: болота, водные объекты (озера, реки, поймы рек), зоны нефтепромыслов, газодобывающие инфраструктуры, энергоактивные звенья: промузлы, объекты энергетики (АЭС, ТЭЦ), искусственные водоемы, которые оказывают отепляющий эффект.

Организация процессов и межсистемных отношений в территориальном природном комплексе

Важными этапами разработки концептуальной многофакторной модели трансформации региональной ПКС являются: описание взаимосвязей процессов и сочетания факторов, оценка их роли, установление цепи причинно-следственных связей.

Анализ функциональных отношений систем геосферы и связей процессов показал,

что наиболее тесные связи и взаимообусловленность процессов характерны для приземного слоя атмосферы вблизи границ раздела литосферы и атмосферы, литосферы и гидросферы, гидросферы и атмосферы, атмосферы и техносферы, литосферы и техносферы. Это обуславливает изменчивость состояний геосистем и приземной атмосферы в зависимости от всей совокупности совместно протекающих процессов с учетом их сопряженности. Энергопреобразующая система сибирского сектора Арктики содержит криогенные зоны выхолаживания. Энергопреобразующая система юго-востока Западной Сибири включает сезонный центр действия атмосферы – сибирский антициклон, криогенные зоны выхолаживания, ледники горного Алтая, Саян и энергоактивные звенья: промузлы Кузбасса, Томска, Новосибирска. Энергопреобразующие системы Средней Сибири имеют энергоактивные зоны: водохранилища ГЭС, промузлы Норильска, Красноярска, алюминиевый комбинат. ЭПС Восточной Сибири включает криогенные зоны вечной мерзлоты, промузлы Ангарска, Братска, водохранилища ГЭС.

На основе системно-эволюционного анализа ПКС разработана схема связей природных и антропогенных процессов и организации межсистемных отношений в территориальной природно-антропогенной системе. Межсистемные отношения и связи климатообразующих и биосферных процессов таежной зоны Западной Сибири с процессами антропогенной деятельности приведены (упрощенно) на рис. 1. Процессы энергопреобразования и энергомассопереноса в атмосфере, преобразуя потоки приходящей радиации, формируют климатические ресурсы (КР), которые поддерживают биопродукционные процессы, антропогенную деятельность по освоению ресурсов (агрохозяйственную (АХ), лесозаго-

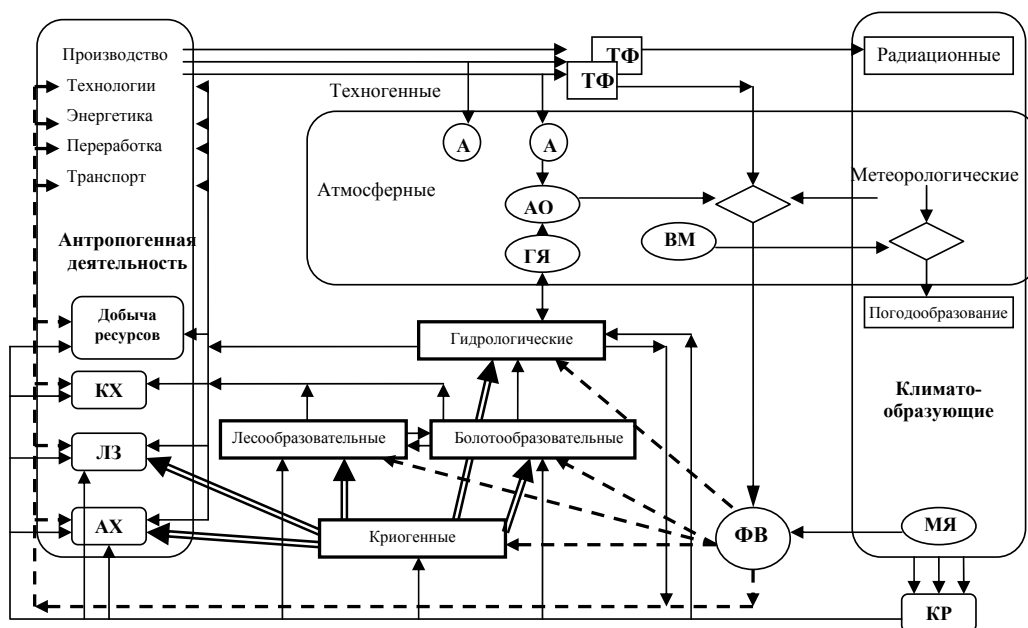


Рис. 1. Организация межсистемных отношений и связей процессов: КХ – коммунальное хозяйство, ЛЗ – лесозаготовки, АХ – агрохозяйственная, КР – климатические ресурсы, ФВ – факторы воздействия, МЯ – метеорологические явления, ВМ – воздушные массы, ГЯ – гидрологические явления, АО – аэрозольные образования, ТФ – техногенные факторы, А – аэрозоль

товки (ЛЗ) и сферу коммунального хозяйства (КХ). Гидрометеорологические процессы и метеорологические явления (МЯ) формируют факторы воздействия (ФВ), которые изменяют погодно-климатические условия. Техногенные факторы (ТФ), в том числе аэрозоли (А), формирующие в атмосфере аэрозольные образования (АО), создают дополнительные факторы воздействия (кислотные дожди, загрязнения) на среду и экосистемы.

Схема является основой для системно-эволюционного анализа региональных климатообразующих процессов, исследования и анализа особых ситуаций, разработки концептуальных моделей организации цикла процессов, сценариев и моделей трансформации ПКС. Совместный анализ изменений сред, процессов и функций подсистем на основе описания межсистемных отношений и перестройки связей процессов позволяет обосновывать режимы мониторинга, разрабатывать модели трансформации и оценивать ожи-

даемые изменения природно-климатических условий.

Местные климатообразующие факторы Сибири (рельеф, вечная мерзлота, ледники гор, сибирский антициклон) изменяют мезомасштабные процессы погодообразования, а свойства и функции экосистем определяют специфику процессов в пограничном слое атмосферы, режимы погодообразования и погодно-климатические условия. Энергообмен между деятельным слоем суши и атмосферой зависит от характера взаимодействия движущейся воздушной массы (ВМ) с подстилающей поверхностью. Турбулентный энергообмен характерен для сухих поверхностей, а процесс испарения доминирует над увлажненными поверхностями, вследствие чего снижается температура подстилающей поверхности и уменьшается турбулентный теплообмен, который зависит от градиентов температуры. На турбулентный теплообмен влияет вертикальная стратификация

температуры в проходящих массах воздуха. Зимой турбулентный поток тепла направлен от атмосферы к континенту, поскольку в результате отрицательного радиационного баланса континенты сильно выхолаживаются. Адвективный тип погоды вызывает усиление динамического фактора турбулентного обмена между подстилающей поверхностью и приходящими ВМ. Наиболее интенсивный турбулентный обмен возникает осенью при вторжении холодного воздуха на теплую подстилающую поверхность, так как при этом турбулентность усиливается как за счет динамического фактора, так и за счет термического фактора неустойчивости атмосферы.

Особенностью метеорологических процессов является формирование условно обратимых преобразований сред, элементов структуры и изменение их отношений. В основе механизма реорганизации процессов лежит изменчивость свойств сред и структурных элементов ПКС, которая приводит к изменению коэффициентов связи потоков и градиентов, усилению одних процессов и ослаблению других, изменению соотношения их доминирования и формированию нового режима погодообразования (Шишлов, 2003б). Организация процессов в приземной атмосфере связана с определенным типом энергопереноса и энергообмена между атмосферой и сушей. Для каждого режима погодообразования характерно свое сочетание процессов с определенным соотношением доминирования и соответствующая система отношений структурных элементов, потоков и процессов. Таким образом, неустойчивость динамики и механизмы реорганизации процессов в ПКС при преобразованиях свойств ее элементов вызывают изменения погодно-климатических условий.

Процессы с обратимыми в годовом цикле преобразованиями формируют вариации оце-

ночных характеристик метеовеличин, а процессы с обратимыми в течение нескольких лет преобразованиями вызывают долговременные колебания климата. При увеличении повторяемости и продолжительности какого-то режима возникают особые состояния ПКС, в частности глубокое выхолаживание, а при продолжительном прерывании метеорологических явлений формируются экологические ситуации (засуха – при отсутствии дождей, загрязнение воздушного бассейна – при отсутствии переноса воздушных масс). Результаты исследований и системно-эволюционного анализа средообразующих и погодообразующих процессов разных масштабов, их оценивания с использованием многоуровневого описания режимов погодообразования, природно-климатических условий, мезомасштабных многолетних изменений состояний регионального климата и пространственных особенностей показали, что гидрологические, лесообразовательные, болотообразовательные, криогенные процессы, а также факторы антропогенной деятельности по-разному влияют на режимы погодообразования в различные сезоны года.

Криогенные процессы влияют на тепловой и водный режимы почвогрунтов, изменяют в холодный период года вертикальный тепловлагообмен в экосистемах. Водорегулирующие функции леса проявляются в вегетационный период. Лес, поглощая углерод, служит стабилизатором атмосферных процессов. Через биосферные, средообразующие, защитные, водорегулирующие функции лесных экосистем наиболее полно реализуется главная, по определению В.Н. Вернадского, функция биосферы – геохимическое превращение вещества и энергии, перевод неорганического вещества в органическое – и обеспечивается устойчивое развитие биосферы. В процессе роста и развития древесных растений нака-

пливается биомасса в лесной экосистеме, увеличивается со временем численность зооценологических сообществ и возрастает энергия живого вещества. Интенсивность образования органического вещества характеризуется высокой неоднородностью: у лесных экосистем в среднем 33 Гтс/год, а у лугов агроценозов от 10 до 20 Гтс/год. Кустарники, луга, агроценозы составляют 8-15 % общей биомассы фитоценозов. Особенность бореальных лесов Сибири – низкое биоразнообразие. Устойчивость бореальных лесных экосистем обусловлена внутривидовым разнообразием основных лесообразующих пород.

Анализ лесообразования и отношений объектов живой природы установил характерную особенность явлений биогеоценологической жизни – организацию цепи взаимоотношений, взаимоподдерживающих процессов. Основа их совместного развития – взаимодействие в рамках многоуровневой системы отношений разного масштаба в организованной определенным образом инфраструктуре, обеспечивающей замкнутость циклов обмена, развития, воспроизводства, их адаптацию к изменяющимся условиям. Организация разнородных явлений при сочетании их отношений со средой обеспечивает формирование в биогеоценозах цепей процессов направленной поддержки, вещественно-энергетических обменов и замкнутых круговоротов (Разумовский, 1981).

Важнейшие свойства организации жизненных процессов фитоценоза:

- обновляемость элементов и адаптивность;
- единство взаимодействующих разнородных процессов из условий общего жизнеобеспечения;
- взаимоподдержка общих и локальных круговоротов, цепей поддержки различных жизненных процессов с созда-

нием условий коллективной самоподдержки;

- согласованное сочетание процессов, их взаимодействий и биотических отношений;
- влияние на активность жизненных процессов экологических факторов в соответствии с уровнем доминирования их отношений.

Непрерывное поступательное развитие природно-антропогенной (ПА) системы реализуется при взаимной адаптации природных и хозяйственных объектов в процессе трансформации экосистем, когда осуществляется гибкое регулирование соотношений сфер жизнедеятельности и реорганизации структуры производства с учетом возникающих факторов. Примером этого является организация взаимодействия биосистем при лесопользовании. Биологически обусловленные хозяйственные мероприятия: уход за лесом, посадки лесных культур и другие служат организованной целенаправленной поддержкой лесного биогеоценоза в рамках цикла природно-антропогенных взаимодействий.

Важнейшее звено биосферного цикла – болотообразовательный процесс с аккумулятивным типом материально-энергетического обмена в анаэробных условиях и торфообразованием (Лисс и др., 2003), которые влияют на баланс углерода. Однако болота снижают биологическую продуктивность лесов и культурных фитоценозов, а производимую энергию живого вещества выводят из активного оборота, превращая биомассу в биокосные компоненты (торф). В целом биопродуктивность заболоченной территории существенно ниже лесной территории. Отепляющий эффект торфяных болот проявляется в осенне-зимний период, охлаждающий эффект болот и темнохвойных лесов – в весенне-летний. На основе обработки наземных и спутниковых

наблюдений определены горизонтальные и вертикальные масштабы стабилизирующего влияния Большого Васюганского болота на межсезонные колебания среднемесячной температуры до высот в 10 км. Наблюдаемые температурные контрасты с прилегающими территориями в приземном слое достигают в феврале 5 °С, а в июле 2 °С. Выявленный эффект связан с накоплением тепла торфогрунтами в теплый период года и медленным его расходом в холодный период (Дюкарев и др., 2002). На трансформацию болот и изменение их биосферных функций влияют природные процессы (пожары, климатические и гидрологические изменения).

Во второй половине XX столетия на территории Сибири произошли значительные изменения структуры природных экосистем и характеристик ландшафта в связи с социальным освоением территории, что имеет биосферно-значимые последствия. Сокращение биомассы и продуктивности биоценозов, уменьшение биоразнообразия свидетельствуют о нарушении процессов естественного накопления биомассы, энергии живого вещества в биосфере и экстенсивного развития сообществ организмов. Развитие природно-хозяйственных комплексов на основе техногенных подсистем, несогласованных с биотой, может иметь поступательный (в ограниченных пределах) характер, но не является прогрессивным по критериям межсистемной согласованности, роста совершенства, непрерывности коэволюции биосистем. Распашка земель в степи и лесостепи, вырубка лесов в южной тайге, горах Алтая, Саян и частично в средней тайге с замещением их сельхозугодьями и техносферой значительно изменили функции экосистем, условия взаимодействия потоков излучения с подстилающей поверхностью и характер процессов погодообразования. Преобразования естественной

структурно-функциональной организации геосистемы вызвали соответствующие изменения сезонной и годовой динамики погодных условий. Основные экосистемные изменения под влиянием антропогенных факторов и их последствия приведены в табл. 3.

В результате анализа влияния антропогенных факторов (рубка леса, изменение напочвенного покрова) в сочетании с природными факторами на тепловые процессы установлено, что изменение теплового режима почвогрунтов после вырубки леса (уменьшения защитных свойств) проявляется как в динамике теплооборотов, так и в увеличении емкости теплообмена, что выражается в увеличении глубины их промерзания зимой и степени прогрева за летний период. Оtepляющее воздействие водоемов и прогретых грунтов влияет на время установления снежного покрова (изменение альбедо поверхности) и обеспечивает дополнительный радиационный прогрев территории, на которой созданы искусственные гидротехнические, агрохозяйственные системы.

Изменение ландшафта местности после вырубки лесов увеличило зону влияния циклонических режимов и метелей. Сплошные рубки хвойных лесов повлияли на альбедо поверхности в зимний период и уменьшили радиационный баланс территории. Экосистемные преобразования вызывают межгодовые и условно обратимые многолетние изменения характеристик регионального климата.

Рост энергомассопереноса в атмосфере, активности теплообменных и водообменных процессов в региональных ПКС вызывает разнообразные изменения: параметрические, структурные, функциональные, динамические, ситуационные, в том числе особые экстремальные климато-экологические, гидроклиматические ситуации со множеством последствий. Формированию экстремальных

Таблица 3. Влияние антропогенных факторов на экосистемные изменения и их последствия

Факторы	Изменения	Последствия
Преобразование лесных экосистем Снижение лесистости	состава атмосферы водорегулирующей функции почвозащитной функции геометрии поверхности шероховатости	парниковый эффект нарушение влагообмена сокращение биомассы глубокое промерзание почвогрунтов воздействия на биоту почв климатические особенности
Структурные нарушения болот	уровня грунтовых вод газовыделения депонирования углерода	изменение гидрологических условий изменение биоценозов парниковый эффект изменение круговорота углерода
Гидрологические преобразования	тепло-влагооборота водного баланса	парниковый эффект климатические особенности
Техногенные преобразования	радиационного баланса теплового баланса	климатические особенности

климато-экологических ситуаций способствуют антропогенные преобразования экосистем, которые нарушают согласованность межсистемных отношений в ПКС. Изменения ландшафта (строительство сооружений, жилых массивов), шероховатости поверхности, преобразования пространственно-структурной организации лесных массивов (вырубки, прогалины, просеки, транспортные коридоры) создают условия формирования струйных течений и усиления скорости воздушных потоков. Это вызывает проблемные ситуации выноса гумуса с распаханых полей (ветровая эрозия), разрушения сооружений ураганным ветром и цепи социально-экономических последствий. Строительство сооружений в зоне вечной мерзлоты создает условия для формирования экстремальных геокриологических ситуаций во время протавивания мерзлых пород при долговременном повышении температуры воздуха и железобетонных конструкций в грунте.

Выявлено многообразие форм влияния региональных процессов при различных режимах атмосферной циркуляции. В условиях глубокого промерзания деятельного слоя при циклоническом режиме циркуляции ранней

весной (в начале апреля) адвекция тепла и влаги, осадки в виде дождя вызывают таяние снега и поверхностный сток талых вод в реки, что приводит к наводнению в период половодья. В июне при циклоническом режиме циркуляции затопленные участки территории (поймы рек, болота) поддерживают мезомасштабный влагооборот и способствуют формированию состояния устойчивой облачности (продолжительностью более 8 суток) с дождливой прохладной погодой и дефицитом приходящей радиации (ФАР) с негативными последствиями для фитоценозов. Пространственно-неоднородные изменения характеристик климата в значительной мере вызваны макроциркуляционными условиями и циклогенезом. Рассмотрим результаты исследования и оценки влияния подвижных циклонов на климат Западной Сибири.

Влияние циклонов на изменение характеристик климата

Снижение континентальности климата, повышение температуры приземного воздуха и сокращение продолжительности холодного периода года на территории Сибири связаны с ростом интенсивности и расширением зоны

циклонической активности. Циклоны являются активными звеньями системы энерго-массопереноса между энергоактивными зонами океана и энергодефицитными зонами континента с участками стока. Положения атмосферной энергетики позволяют с использованием эмпирической энергобалансовой модели циклона и результатов мониторинга правильно интерпретировать физические механизмы, формирующие атмосферную циркуляцию (фазовые переходы, радиационный и турбулентный энергообмен), а также климатообразующие и регулирующие функции циклонов (Калинин, 1999). Проведенные нами исследования позволили выявить особенности сопряженной динамики барических систем и режимов погодообразования в региональных климатических системах, механизмы влияния циклонов и связанных с ними облачных образований на процессы в приземной атмосфере в различные сезоны (Dyukarev, Shishlov, 2003). Подвижные циклоны осуществляют перенос, трансформацию и перераспределение энергии, обеспечивают приток тепла и влаги с воздушными массами во внутренние районы континента, изменяют структуру облачного покрова и, соответственно, радиационный баланс. Выявлены основные факторы и механизмы влияния подвижных циклонов на климатообразующие процессы: фазовые преобразования воды, турбулентный энергообмен, горизонтальный перенос энергии и водяного пара, межширотный обмен масс воздуха и воды с различными характеристиками, энергетические преобразования и диссипация энергии, изменение ветрового режима в зоне влияния циклона, изменения облачного покрова, регулирующего радиационные процессы, изменения влагосодержания приземного воздуха и парникового эффекта.

Для количественной оценки влияния циклона на характеристики регионального

климата использованы приращения среднесуточной температуры приземного воздуха, изменения интегральных оценочных характеристик метеовеличин за период его прохождения и вариации сезонных значений метеовеличин в зоне влияния циклона. Используются среднесуточные данные метеопараметров, полученные из «National Climatic Data Centre». Карты температур построены по 2100 метеостанциям, расположенным на территории от 40° до 62° СШ, и от 0° до 147° ВД, карты давления – по 1600 станциям. Температура на картах дана в °С, давление – в ГПа и приведено к уровню моря. При интерпретации использованы данные циркуляции атмосферы, периодически публикуемые ГНИИЦ РФ, результаты натурных наблюдений, синоптические карты и космическая информация.

Методики оценки влияния циклонов включают процедуры анализа метеопортретов, серии карт, пространственно-временного анализа мезомасштабных процессов, вычисления интегральных оценочных характеристик метеовеличин и вычисления вклада циклона в изменение среднего месячного значения метеовеличины, а также сопоставительной оценки характеристик для сезонов с высокой и низкой циклонической активностью. Методика климатологической оценки влияния циклонической активности на многолетние изменения характеристик региональных климатов включает процедуры построения гистограмм распределения метеовеличин для месяца и расчета эмпирических функций распределения метеовеличин по многолетней выборке, содержащей суточные характеристики месяцев с высокой циклонической активностью и по выборке месяцев с низкой циклонической активностью. Климатологическая оценка влияния циклонической активности проведена по эмпирическим функциям распределения суточных температур января.

Динамика пространственных переходных процессов при переходе от теплого к холодному периоду года (и наоборот) в существенной мере зависит от интенсивности зонального переноса и циклонической активности. Прохождение циклонов существенно увеличивает продолжительность периода переходной динамики осеннего сезона (Shishlov, Dyukarev, 2004). В 1994 г. его продолжительность составила 50 дней, что привело к сокращению продолжительности холодного периода года в южных регионах на 25-30 дней. Получены оценки влияния циклонов на изменение продолжительности сезонов и сокращение продолжительности холодного периода года. В табл. 4 отражены данные о сроках перехода средней суточной температуры через 0 °С, о продолжительности холодного периода t в сутках, значения оценочной характеристики (суммы среднесуточных температур холодного периода) для трех метеостанций Западной Сибири, расположенных в разных природно-климатических зонах. Сокращение продолжительности холодного периода года на 8-10 дней за счет влияния циклонических режимов с дождями поздней осенью отмечается на станциях синхронно в 1980, 1983, 1985, 1987, 1996 гг., в отдельные годы (1989, 1991, 1992, 1993, 1994, 2001) – только на станциях юга Западной Сибири (Омск и Томск). Это обусловлено особенностями циркуляции атмосферы, позиционными отношениями барических систем.

Сокращение продолжительности холодного периода года, более существенное для таежной зоны (20-30 дней), обусловлено режимами адвекции тепла и циклоническими режимами с осадками в виде дождя и мокрого снега в весеннем сезоне. Рассмотрим в качестве примера ситуацию 1995 г. Интенсивная зональная циркуляция и особенности расположения барических полей в марте 1995

г. способствовали выносу теплого воздуха в нижней тропосфере на европейскую часть страны, Урал и Западную Сибирь и формированию циклонов. В первой декаде марта циклоны с Атлантики следовали один за другим над территорией до Урала, а интенсивные зональные процессы обеспечивали режим адвекции тепла и влаги на юге Западной Сибири и постепенное повышение температуры приземного воздуха до минус 5 °С (днем) и минус 10 °С (ночью). Во второй декаде марта антициклон, движущийся с Карского моря, распространил свое влияние на всю Сибирь, где установился режим трансформации выхолаживания и морозная погода X-XIII классов (рис. 2, карта 15.03). В третьей декаде обширный циклон охватил северо-запад территории и на юге Западной Сибири установился режим адвекции тепла и влаги, температура повысилась (карта 23.03) и на 18-20 дней раньше средних многолетних сроков произошел переход средней суточной температуры через 0 °С (в Омске 22.03, в Томске 24.03). Высокая циклоническая активность осенью 1994 г. и весной 1995 г. обусловила рекордно низкую в XX в. продолжительность холодного периода года (в Омске – 138, в Томске – 140, в Ханты-Мансийске – 142 суток).

Оценка влияния циклонов на трансформацию поля температуры в холодный период года проведена на основе вычисления изменений среднесуточной температуры воздуха в отдельных городах и приращений средней по территории температуры в выделенном районе, ограниченном координатами 68° ВД, 53° СШ, 90° ВД, 62° СШ, и их отклонений. В табл. 5 приведены значения среднесуточных температур приземного воздуха в некоторых городах, средние температуры в выделенном районе для конкретных состояний и их отклонения. Трансформация метеополей при прохождении подвижных циклонов изменяет ход

Таблица 4. Характеристики холодных периодов года

Томск				Омск			Ханты-Мансийск				
Даты	ΣT_c (оС)	τ		Даты	ΣT_c (оС)	τ	Даты	ΣT_c (оС)	τ		
22.10.1965	- 25.04.66	-2664.7	185	22.10.65	- 07.04.66	-2290.7	167	21.10.65	- 25.04.66	-2941.5	186
14.10.1966	- 11.04.67	-2627.2	179	13.10.66	- 01.04.67	-2507.8	170	07.10.66	- 07.04.67	-2509.4	182
27.10.1967	- 09.04.68	-1918.0	165	05.11.67	- 07.04.68	-1712.4	154	03.11.67	- 02.05.68	-1848.4	181
28.10.1968	- 24.04.69	-3444.7	178	27.10.68	- 14.04.69	-3280.1	169	18.10.68	- 20.05.69	-3871.7	214
17.10.1969	- 10.04.70	-2082.2	175	17.10.69	- 23.03.70	-1910.4	157	15.10.69	- 14.05.70	-2425.1	211
02.10.1970	- 12.04.71	-2373.2	192	29.10.70	- 12.04.71	-2176.0	165	01.10.70	- 28.04.71	-2731.7	209
30.10.1971	- 03.04.72	-2199.1	156	29.10.71	- 04.04.72	-2224.0	158	16.10.71	- 19.04.72	-2576.5	186
12.10.1972	- 02.04.73	-2055.2	172	30.10.72	- 30.03.73	-2021.8	151	10.10.72	- 04.04.73	-2509.2	176
26.10.1973	- 08.04.74	-2222.6	164	26.10.73	- 07.04.74	-2017.8	163	13.10.73	- 09.04.74	-2407.2	178
11.10.1974	- 16.04.75	-2133.7	187	22.10.74	- 03.04.75	-1879.2	163	10.10.74	- 28.04.75	-2271.3	200
17.10.1975	- 19.04.76	-2237.8	185	15.10.75	- 08.04.76	-2038.1	176	14.10.75	- 17.04.76	-2558.6	186
14.10.1976	- 06.04.77	-2834.7	174	11.10.76	- 05.04.77	-2580.7	176	30.09.76	- 15.04.77	-2859.9	197
18.10.1977	- 18.04.78	-1907.2	182	18.10.77	- 28.03.78	-1833.4	161	11.10.77	- 28.04.78	-2222.8	199
20.10.1978	- 17.04.79	-2202.2	179	02.11.78	- 14.04.79	-2102.5	163	18.10.78	- 21.04.79	-2725.1	185
13.10.1979	- 12.04.80	-2111.2	182	28.10.79	- 12.04.80	-2068.7	167	09.10.79	- 10.04.80	-2487.4	184
03.11.1980	- 09.04.81	-1672.3	157	02.11.80	- 08.04.81	-1664.0	157	29.10.80	- 20.04.81	-1882.9	173
18.10.1981	- 02.04.82	-2140.6	166	30.10.81	- 06.04.82	-2052.6	158	25.10.81	- 06.04.82	-2414.9	163
06.10.1982	- 28.04.83	-1393.1	204	23.10.82	- 29.03.83	-1213.4	157	01.10.82	- 08.05.83	-1823.4	219
01.11.1983	- 26.04.84	-1834.4	177	31.10.83	- 19.04.84	-1635.1	171	27.10.83	- 25.04.84	-1899.6	181
07.10.1984	- 08.04.85	-2666.7	183	28.10.84	- 03.04.85	-2521.4	157	06.10.84	- 11.04.85	-2889.1	187
25.10.1985	- 14.04.86	-1996.8	171	24.10.85	- 31.03.86	-1948.5	158	21.10.85	- 14.04.86	-2321.6	175
21.10.1986	- 10.04.87	-2122.2	171	29.10.86	- 15.04.87	-2033.3	168	13.10.86	- 19.04.87	-2477.2	188
22.10.1987	- 06.04.88	-2222.5	167	24.10.87	- 05.04.88	-2120.7	164	23.10.87	- 19.04.88	-2233.0	179
18.10.1988	- 24.03.89	-1362.5	157	27.10.88	- 27.03.89	-1574.4	151	16.10.88	- 06.05.89	-2122.1	202
31.10.1989	- 02.04.90	-1726.9	153	30.10.89	- 05.04.90	-1500.3	157	21.10.89	- 21.04.90	-2248.2	182
26.10.1990	- 10.04.91	-1955.5	166	16.10.90	- 06.04.91	-1918.4	172	14.10.90	- 05.04.91	-2505.5	173
30.10.1991	- 13.04.92	-1763.9	166	30.10.91	- 10.04.92	-1802.9	163	22.10.91	- 03.05.92	-2532.0	194
28.10.1992	- 08.04.93	-1713.6	162	27.10.92	- 08.04.93	-1701.7	163	05.10.92	- 20.04.93	-2157.4	197
25.10.1993	- 10.04.94	-2224.7	167	24.10.93	- 09.04.94	-2422.1	167	18.10.93	- 06.04.94	-2495.9	170
04.11.1994	- 24.03.95	-1610.6	140	04.11.94	- 22.03.95	-1657.8	138	31.10.94	- 22.03.95	-1754.9	142
25.10.1995	- 16.04.96	-1981.0	174	03.11.95	- 10.04.96	-2026.5	159	13.10.95	- 01.05.96	-2301.7	201
17.10.1996	- 18.03.97	-1659.5	152	16.10.96	- 22.03.97	-1625.6	157	16.10.96	- 31.03.97	-2153.5	166
19.10.1997	- 26.04.98	-2262.5	189	07.11.97	- 22.04.98	-2289.2	166	30.10.97	- 05.05.98	-2735.0	187
26.10.1998	- 04.04.99	-1939.8	160	10.11.98	- 09.04.99	-1842.4	150	27.09.98	- 22.04.99	-2700.2	207
22.10.1999	- 11.04.00	-1734.8	172	07.11.99	- 01.04.00	-1528.2	146	19.10.99	- 11.04.00	-2002.5	175
05.10.2000	- 09.04.01	-2353.8	186	21.10.00	- 09.04.01	-2007.7	170	20.10.00	- 08.04.01	-2646.0	170
20.11.2001	- 15.04.02	-1267.1	146	18.11.01	- 13.04.02	-1193.1	146	11.10.01	- 20.04.02	-1992.4	191
03.11.2002	- 18.04.03	-1962.5	166	02.11.02	- 18.04.03	-2040.9	167	03.11.02	- 16.04.03	-2322.9	164
25.10.2003	- 02.05.04	-1896.1	190	24.10.03	- 30.03.04	-1767.0	158	21.10.03	- 01.05.04	-2189.6	193

Примечание: жирным шрифтом выделены особые ситуации.

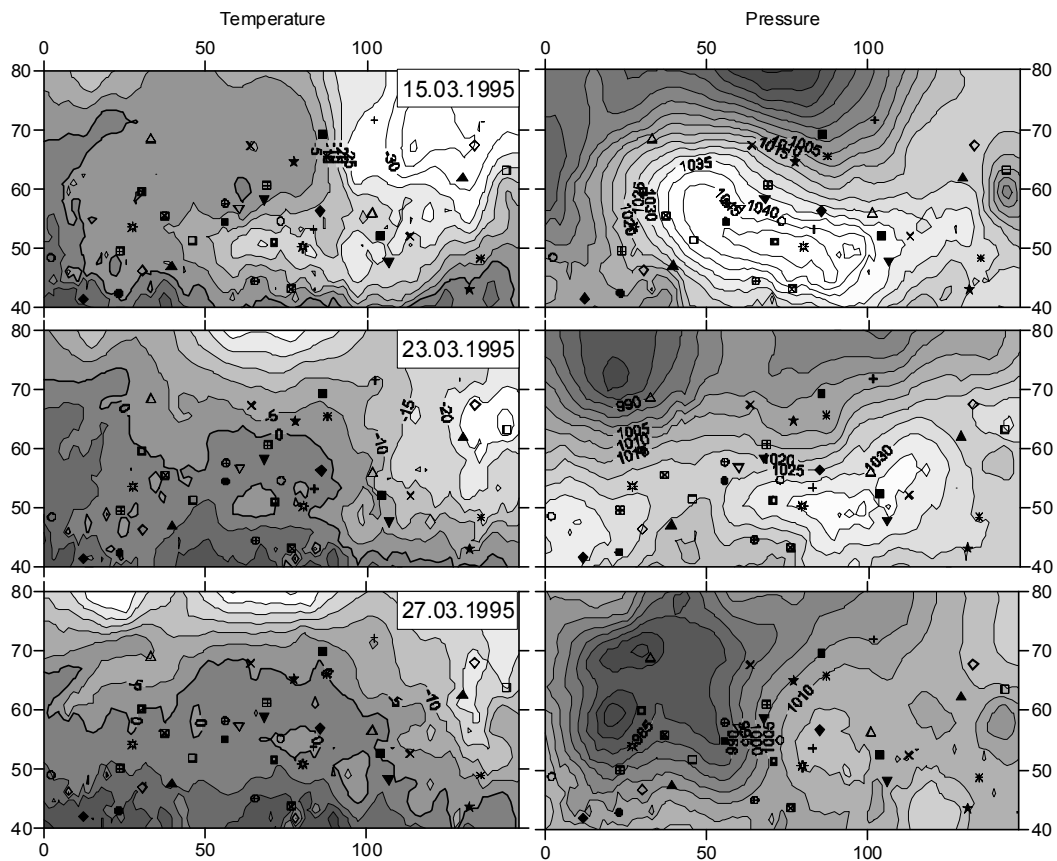


Рис. 2. Карты полей температуры и давления в марте 1995 г.

Таблица 5. Изменение температуры воздуха (°C) в городах Западной Сибири и средней температуры в выделенном районе (68° ВД, 53° СШ, 90° ВД, 62° СШ)

Даты	Барнаул	Омск	Томск	Тара	Колпашево	Ханты-Мансийск	Сургут	Среднее
T ₀ (25.10.1994)	-1.8	2	-1.2	0.8	0.3	1.5	-0.5	0.00
T ₁ (28.10.1994)	1.3	3.5	1.5	4.4	2.5	2.4	2.1	2.14
T ₁ - T ₀	3.1	1.5	2.7	3.6	2.2	0.9	2.6	2.14
T ₂ (03.11.1994)	8.4	2.3	4	2	-9.5	-13.2	-12	-1.06
T ₂ - T ₁	7.1	-1.2	2.5	-2.4	-12	-15.6	-14.1	-3.20
T ₂ - T ₀	10.2	0.3	5.2	1.2	-9.8	-14.7	-11.5	-1.06
T ₀ (13.03.1995)	-23.6	-14.5	-21.4	-14.4	-20.2	-14.3	-19.3	-19.06
T ₁ (18.03.1995)	-2	-2	-2	-3	-2	-4.5	-3	-3.82
T ₁ - T ₀	21.6	12.5	19.4	11.4	18.2	9.8	16.3	15.24
T ₂ (23.03.1995)	1.2	2.4	1.5	2.1	2.4	2.9	1.7	1.13
T ₂ - T ₁	3.2	4.4	3.5	5.1	4.4	7.4	4.7	4.95
T ₃ (27.03.1995)	-0.8	-1	0.4	1.4	2.9	2.9	4.6	0.45
T ₃ - T ₂	-2	-3.4	-1.1	-0.7	0.5	0	2.9	-0.68

Продолжение табл. 5

T ₄ (29.03.1995)	3.1	0.7	3.7	-0.1	1.2	3.1	3.2	2.16
T ₄ – T ₃	3.9	1.7	3.3	-1.5	-1.7	0.2	-1.4	1.71
T ₄ – T ₀	26.7	15.2	25.1	14.3	21.4	17.4	22.5	21.22
T ₀ (27.03.1999)	-7	-9.3	-7.1	-7.8	-9	-3.3	-8.2	-10.06
T ₁ (03.04.1999)	-0.3	0.6	-2.4	-1.7	-2.1	-4	-6.2	-1.61
T ₁ – T ₀	6.7	9.9	4.7	6.1	6.9	-0.7	2	8.45
T ₂ (05.04.1999)	5.4	3.2	5.2	2.4	5.1	-0.3	0.3	3.73
T ₂ – T ₁	5.7	2.6	7.6	4.1	7.2	3.7	6.5	5.34
T ₂ – T ₀	12.4	12.5	12.3	10.2	14.1	3	8.5	13.79
T ₀ (28.10.1999)	1.7	2.4	-4.9	-0.9	-1.6	-1.9	-2.8	-0.62
T ₁ (01.11.1999)	6.5	4.2	4.1	3.8	4.1	0.2	0	3.90
T ₁ – T ₀	4.8	1.8	9	4.7	5.7	2.1	2.8	4.52
T ₂ (05.11.1999)	3.8	5	3.2	4	3.3	2.3	1.4	3.66
T ₂ – T ₁	-2.7	0.8	-0.9	0.2	-0.8	2.1	1.4	-0.24
T ₂ – T ₀	2.1	2.6	8.1	4.9	4.9	4.2	4.2	4.28
T ₀ (09.11.2001)	-2.1	-4.3	-8.6	-7.3	-11.5	-9.6	-11.3	-7.09
T ₁ (15.11.2001)	5.7	3.8	2.7	1.6	1.8	-5.6	-5.2	2.55
T ₁ – T ₀	7.8	8.1	11.3	8.9	13.3	4	6.1	9.65
T ₂ (17.11.2001)	8.2	3.5	5.1	-0.9	0.3	-16.9	-12.9	2.65
T ₂ – T ₁	2.5	-0.3	2.4	-2.5	-1.5	-11.3	-7.7	0.09
T ₂ – T ₀	10.3	7.8	13.7	6.4	11.8	-7.3	-1.6	9.74
T ₀ (27.12.2001)	-14.4	-16.1	-16	-14.3	-15.9	-12.8	-14	-15.39
T ₁ (30.12.2001)	-3.6	-4.1	-7.4	-7.9	-13.3	-7.4	-8.7	-7.34
T ₁ – T ₀	10.8	12	8.6	6.4	2.6	5.4	5.3	8.05
T ₂ (01.01.2002)	0.8	-2	-1.8	-2.9	-2.3	-6.9	-6.9	-2.15
T ₂ – T ₁	4.4	2.1	5.6	5	11	0.5	1.8	5.19
T ₂ – T ₀	15.2	14.1	14.2	11.4	13.6	5.9	7.1	13.24
T ₀ (06.02.2002)	-18.9	-16.3	-18.4	-17.8	-15.8	-12.2	-13.3	-18.45
T ₁ (11.02.2002)	-2.8	-0.1	-0.8	-2.1	-1.6	-17.7	-18.4	-2.10
T ₁ – T ₀	16.1	16.2	17.6	15.7	14.2	-5.5	-5.1	16.35
T ₂ (15.02.2002)	2.3	0.4	0.9	-1.4	-0.6	-2.6	-2.4	-1.63
T ₂ – T ₁	5.1	0.5	1.7	0.7	1	15.1	16	0.47
T ₃ (17.02.2002)	-0.1	-3.1	-0.8	-2.1	-1.3	-7.6	-6.9	-2.17
T ₃ – T ₁	-2.4	-3.5	-1.7	-0.7	-0.7	-5	-4.5	-0.54
T ₃ – T ₀	18.8	13.2	17.6	15.7	14.5	4.6	6.4	16.28
T ₀ (14.02.2004)	-10.3	-12.2	-10.3	-13.4	-12.2	-21.9	-20.4	-12.57
T ₁ (16.02.2004)	-0.3	-14.1	-7.6	-14.6	-15.4	-26.2	-26.8	-12.37
T ₁ – T ₀	10	-1.9	2.7	-1.2	-3.2	-4.3	-6.4	0.20
T ₀ (12.04.2004)	4.6	5.1	-0.5	0.9	-2.4	-6.6	-9.7	0.88
T ₁ (15.04.2004)	7.7	-0.9	3.5	-1.6	0.7	-6.6	-7	1.14
T ₁ – T ₀	3.1	-6	4	-2.5	3.1	0	2.7	0.26

процессов погодообразования и сезонный ход изменения метеовеличин. Вдоль траектории движения циклона проявляется существенное влияние облачности и циклонических режимов с осадками, которые оказывают тепляющий эффект. Адвекция теплых воздушных масс с юго-запада также оказывает тепляющий эффект на территории южнее траектории движения циклона. Адвекция холодных воздушных масс с северо-запада создает охлаждающий эффект на территории севернее траектории движения и вдоль траектории циклона. Подвижный циклон осенью 1994 г., траектория которого прошла с северо-запада на юго-восток до 50-й параллели, оказал охлаждающее влияние на северные регионы и на среднюю температуру в выделенном районе. Обширная циклоническая система в марте 1995 г. имела наибольший тепляющий эффект. При выходе на территорию Западной Сибири южных и юго-западных циклонов (Аральских, Каспийских), которые формируются на ветвях полярного фронта над ЕТР и равнинами Средней Азии, проявляется охлаждающий эффект в ряде регионов за счет адвекции холодных воздушных масс с севера (циклоны февраля и апреля 2004 г.).

Оценки вклада циклонов в изменчивость климатических характеристик региональных климатов – средних месячных (сезонных) температур – вычислены для конкретных ситуаций прохождения циклонов различного типа. В табл. 5 приведены результаты оценки вклада конкретных циклонов в изменения ΔT_k средних месячных температур.
$$\Delta T_k = \frac{\sum (T_i - T_k)}{N},$$

где T_i – суточная температура, T_k – средняя многолетняя температура месяца (по выборке месяцев с низкой циклонической активностью), N – число суток в месяце.

Начальные состояния: суточные температуры T_0 , максимальные суточные темпера-

туры $max(T_i)$, наблюдаемые при прохождении циклона, описывают пространственное распределение поля температур в конкретной ситуации.

Обширный циклон, охвативший в марте 1995 г. территорию Западной Сибири, обеспечил значимые приращения температуры марта (на $3,7 \div 5,2$ °С) во всех регионах. Подвижные циклоны малых размеров создают как тепляющий, так и охлаждающий эффект (в скобках указаны отрицательные приращения), вследствие чего их результирующий вклад в северных регионах снижается. Циклоны с северо-запада вносят наибольший вклад в изменения месячных температур западных регионов (февраль и март 2002 г.). Южные циклоны вносят незначительный вклад в приращения месячных температур юго-восточных регионов и снижают температуры северных регионов.

Интенсивный зональный перенос и высокая циклоническая активность приводят к повышению средней температуры зимнего сезона на 6-9 °С в регионах лесостепной зоны и на 2-4 °С в регионах таежной зоны, к уменьшению интегральной оценочной характеристики холодного периода года на 30-40 % в Омске, 30-45 % в Томске, 20-28 % в Ханты-Мансийске. Следствием зимнего потепления явилось сокращение дефицита тепла в отопительный период с 5770 до 5200 °С в Барнауле, с 5900 до 5250 °С в Омске, с 6100 до 5700 °С в Томске, с 6800 до 6400 °С в Ханты-Мансийске.

По результатам мониторинга получены эмпирические доказательства климатически значимого влияния циклонов и оценки вклада подвижных циклонов в изменения характеристик климата Западной Сибири. Возросшая повторяемость циклонов предопределяет наблюдаемые в последние два десятилетия изменения климатических условий и снижение континентальности климата вследствие уси-

ления энергомассопереноса и влагооборота в климатической системе Евразии. Расширение зоны тепляющего влияния подвижных циклонов наблюдается при смещении на север траектории движения циклонов и продвижении их на восток.

Заключение

Совместный анализ изменений сред, процессов и функций экосистем на основе описания межсистемных отношений и перестройки связей процессов позволяет обосновывать режимы мониторинга и оценивать направленность изменения природно-климатических условий. Разработанная схема организации процессов и межсистемных отношений в территориальном природном комплексе является основой для системно-эволюционного анализа региональных климатообразующих процессов, разработки концептуальных моделей организации цикла процессов, сценариев и моделей трансформации ПКС.

В результате исследований установлено:

- преобразования экосистем изменяют их функции и процессы энергомассообмена в приземном слое атмосферы;
- интенсивный зональный перенос воздушных масс и высокая циклоническая активность в ноябре и марте приводят к сокращению продолжительности холодного периода года на 20-30 суток, а в зимние месяцы – к повышению средней температуры зимнего сезона на

6-9 °С в регионах лесостепной зоны и на 2-4 °С – таежной;

- расширение зоны тепляющего влияния подвижных циклонов при смещении на север траектории движения подтверждено количественными оценками характеристик региональных климатов по результатам обработки инструментальных данных;
- направленность и характер изменений экосистем определяются их отношениями в рамках многоуровневой иерархии природно-хозяйственных и биоклиматических отношений;
- сокращение биомассы и продуктивности биоценозов, уменьшение биоразнообразия свидетельствуют о нарушении естественных процессов экстенсивного развития сообществ организмов в биосфере.

Долговременные изменения климатических условий связаны с трансформацией компонентов ПКС и перестройкой организации циклов средообразующих процессов. Влияние необратимых преобразований экосистем, трансформации ландшафтов на перестройку организации процессов взаимодействия атмосферы с экосистемами суши и концепция формирования модифицированного цикла средообразующих и климатообразующих процессов, изменяющих местные природно-климатические условия, будут представлены в следующей статье.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта 10 программы Президиума РАН №16.

Список литературы

Дюкарев Е.А., Кабанов М.В., Шишлов В.И. (2002) Системно-эволюционный анализ региональных климатических изменений // Оптика атмосферы и океана. Т.15. № 1, с. 29-35.

Дюкарев Е.А., Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Комаров А.И., Крутиков В.А., Логинов С.В., Шишлов В.И. (2002) Региональные особенности современных природно-климатических изме-

нений в Сибири // Комплексный мониторинг Большого Васюганского болота: исследования современного состояния и процессов развития. Томск: Изд-во ИОА, с. 104-110.

Заварзин Г.А., Котляков В. М. (1998) Стратегия изучения Земли в свете глобальных изменений // Вестник РАН. Т. 68. № 1, с. 23-29.

Кабанов М.В., Комаров В.С., Шишлов В.И. (2000) Проблемы анализа и моделирования региональных природно-климатических изменений /ред. М.В. Кабанов Региональный мониторинг атмосферы. Ч. IV. Природно-климатические изменения. Томск: МГП «Раско», с. 200-252.

Кабанов М.В., Лыкосов В.Н (2006) Мониторинг и моделирование природно-климатических изменений в Сибири //Оптика атмосферы и океана. Т. 19. № 9, с. 1-14.

Калинин Н.А. (1999) Энергетика циклонов умеренных широт. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 192 с.

Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. (2001) Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / ред. д.б.н. В.Б. Куваев. Тула: Гриф и К°, 584 с.

Разумовский С.М. (1981) Закономерности динамики биоценозов. М.: Наука, 231 с.

Шишлов В.И. (2002) Анализ и оценка изменений регионального климата //Труды международной конференции “ENVIROMIS-2002”, Томск, с. 283-287.

Шишлов В.И. (2003а) Методология анализа эволюционных преобразований географической среды // Вестник ТГУ. Серия «Науки о Земле». № 3, с. 116-118.

Шишлов В.И. (2003 б) Анализ региональных особенностей климатических изменений в Сибири и их последствий // Пятое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу. Томск, с. 119-123.

Шишлов В.И., Дюкарев Е. А. (2004) Анализ и интерпретация климатических изменений // Вычислительные технологии. Т. 9. Ч. 1, с. 58-70.

Dyukarev E.A. Shishlov V.I. (2003) Dynamics of conjugate transformations of baric systems and weather forming regimes in Siberia. Proc. of SPIE, 5027:266-276.

Shishlov V.I., Dyukarev E.A. (2004) Estimation of cyclone influence on changes of Siberia climate characteristics. Proc. of SPIE, 5743: 582-592.

The Organization of Processes Cycles Forming a Climate and Environment

I. Problem statement

Viktor I. Shishlov

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, SB RAS,
10/3 Akademichesky, Tomsk, 634055 Russia*

Problems of ecosystem changes and the organization of environment and climate formation cycle are investigated. It has been made within the limits of system-evolutionary methodology on the basis of the joint analysis of the associated changes of environments, components of the geosphere and intersystem relations in the regional natural and climatic system. The climatically significant role of mobile cyclones is revealed, and quantitative estimations of their contribution to the change of characteristics of a Western Siberia climate are received. Conditionally reversible transformations of ecosystems cause interannual and conditionally reversible long-term changes of regional climate characteristics. The direction and character of evolutionary significant changes of biosystems (including biocenosis) are defined by their relations within the limits of multilevel hierarchy of natural and economic and bioclimatic relations. A decrease in the biomass and the biocenosis efficiency, and a reduction of biodiversity testify that the period of the natural accumulation of the biomass and the energy of living material in the biosphere and the extensive development of organism communities has ended.

Keywords: cycles, intersystem links, ecosystem changes, cyclones influence, changing characteristics.
