

Концепция сетевого мониторинга природно-климатических процессов в Сибири

И.И. Ипполитов, М.В. Кабанов, С.В. Смирнов*

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634021, г. Томск, пр. Академический, 10/3*

Поступила в редакцию 15.10.2010 г.

Обсуждаются концептуальные предпосылки и научно-методические аспекты приборного оснащения и территориального размещения пунктов наблюдений создаваемой региональной сети мониторинга природно-климатических изменений в Сибири. Обосновывается необходимость одновременного контроля совокупности физических, химических и биологических параметров и величин, способных полно описывать климатические и экосистемные процессы, их взаимосвязи и изменения. Также обосновывается и предлагается вариант месторасположения на территории Сибири пунктов наблюдений, основанный на использовании стационаров институтов СО РАН. Представляются варианты типовой структуры пункта наблюдений и его приборного оснащения.

Ключевые слова: природно-климатические изменения, региональная сеть мониторинга; climatic and environmental change, regional monitoring network.

Введение

Несмотря на признанные успехи научных исследований последних лет по глобальным климатическим и природным изменениям [1–3], прогностические оценки величин и векторов наблюдаемых изменений, включая их последствия, пока остаются слабо обоснованными. И хотя стратегическая (и геополитическая) значимость глобальных и региональных изменений на планете для развития цивилизации по декларативным заявлениям многих глав государств представляется осознанной, уровень научных знаний и темпы развития научных исследований в этом направлении по-прежнему остаются крайне недостаточными.

Одна из мировых тенденций последних лет по научным исследованиям окружающей среды и климата связана с осознанной необходимостью разработки новой парадигмы для описания наблюдаемых природно-климатических изменений [4, 5]. В числе первоочередных задач при этом являются учет интерактивного взаимодействия окружающей среды и климата, осложняемый техногенными воздействиями, а также развитие физических основ теории климата. Наиболее полно эти основы были обобщены и представлены в одном из выпусков ВМО [6] и до сих пор являются исходными при математическом моделировании, которое изначально оценивалось как «...рискованное предприятие с неопределенными и, возможно, весьма скромными шансами на успех». За прошедшие десятилетия ситуация по математическому модели-

рованию существенно изменилась как по более детальному математическому описанию физических процессов, так и по вычислительным процедурам. Тем не менее расчеты природно-климатических изменений с помощью созданных моделей все еще остаются на уровне описания возможных сценариев, а результаты расчетов нуждаются в систематической верификации. Поэтому при изучении современных природно-климатических изменений для выявления фундаментальных закономерностей глобальных и региональных процессов анализ накопленных инструментальных данных наблюдений и данных палеоклиматических исследований и развитие системы мониторинга остаются по-прежнему актуальными и неизбежными [7].

Мировой и российский опыт последних десятилетий показал, что для решения фундаментальной проблемы, связанной с глобальными и региональными изменениями окружающей среды и климата, существующих мировых сетей целевого (гидрометеорологического, газопарникового, аэрозольно-радиационного, криосферного и др.) мониторинга недостаточно. Общеизвестным в мире и перспективным подходом к решению этой проблемы являются в формулировке Международной геосферно-биосферной программы [8] «интегрированные региональные исследования». Практическая реализация этого подхода в рамках международных и российских программ находится на начальной стадии и пока не увязывается с перспективами социально-экономического развития отдельных регионов планеты и неизбежно возрастающей роли их антропогенного вклада в наблюдаемые изменения. Вне фокуса этих программ пока остается и обширный Сибирский регион, отличающийся повышенными темпами наблюдаемых природно-климатических изменений и одновременно повышенными темпами освоения природных ресурсов.

* Иван Иванович Ипполитов (seo@imces.ru); Михаил Всеволодович Кабанов (kabanov@imces.ru); Сергей Васильевич Смирнов (smirnov@imces.ru).

Для проведения интегрированных региональных исследований в Сибирском отделении РАН сформирован и реализуется ряд научно-исследовательских программ и проектов, направленных как на разработку теоретических основ физической модели региональных климатических и экологических систем, так и на создание региональной сети мониторинга природно-климатических изменений в Сибири. Поддерживаемыми проектами СО РАН в этом направлении, учитывающими необходимость «интегрированных региональных исследований», являются интеграционные проекты «Разработка научных и технологических основ мониторинга и моделирования природно-климатических процессов на территории Большого Васюганского болота» (координатор чл.-кор. РАН М.В. Кабанов), «Распределенная система сбора, хранения, обработки и доступа к данным дистанционного зондирования Земли для мониторинга социально-экономических процессов и состояния природной среды регионов Сибири и Дальнего Востока» (координатор акад. РАН Ю.И. Шокин) и «Приборное и методическое обеспечение мониторинга природно-климатических процессов Сибири» (координатор чл.-кор. РАН М.В. Кабанов).

Реализация названных интеграционных проектов рассматривается как первый шаг по развертыванию в Сибири создающейся федеральной системы контроля социально-экономической, экологической и климатической безопасности, в которой региональная сеть мониторинга природно-климатических изменений в Сибири будет ее составной частью. Ниже обсуждаются концептуальные предпосылки и научно-методические аспекты приборного оснащения и территориального размещения пунктов наблюдений создаваемой региональной сети мониторинга.

1. Концептуальные предпосылки

Целями создания сети мониторинга являются:
– организация и поддержка интеграционных (междисциплинарных) и долгосрочных эксперимен-

тальных научных исследований климата и окружающей среды в Сибирском регионе;

– получение новых знаний об изменениях климата и окружающей среды и антропогенном вкладе;

– оценка рисков природопользования с учетом перспектив промышленного освоения Сибири;

– валидация данных спутникового зондирования подстилающей поверхности и результатов численного моделирования.

Основная задача региональной сети мониторинга – проведение комплексных регулярных наблюдений за климатом и состоянием окружающей среды в различных географических зонах Сибири, в каждой из которых происходят свои характерные региональные климатические и экосистемные изменения (заоблачивание, опустынивание, выраженное изменение ландшафтов и др.), и получение уникальных экспериментальных данных, необходимых для анализа и моделирования региональных природно-климатических изменений.

Исходя из накопленных к настоящему времени научных знаний и опыта в области метеорологии, климатологии и мониторинга окружающей среды при создании сети мониторинга необходимо соблюдать следующие основные условия. Первыми из них являются условия соблюдения синхронности наблюдений и территориальной совмещенности пунктов наблюдений как за климато-, так и за средообразующими факторами, долевая роль большинства из которых в наблюдаемых глобальных и региональных изменениях окружающей среды и климата пока изучена лишь на феноменологическом уровне. Ниже в таблице представлены известные земные и внеземные климато- и средообразующие факторы, а также обусловленные ими основные процессы и явления, которые необходимо учитывать при описании природно-климатических изменений.

Приведенный перечень не является исчерпывающим, но в достаточной мере демонстрирует необходимость междисциплинарного мониторинга. По существу речь идет о необходимости одновременно-го контроля совокупности физических, химических и биологических параметров и величин, способных

Факторы	Основные процессы и явления
Космогенные	Вариации потоков космических лучей, включая модуляцию солнечным ветром. Вариации метеорных потоков, включая столкновения с астероидами
Гелиосферные	Циклические вариации потоков солнечной энергии (циклы Миланковича). Циклические вариации солнечной активности. Гравитационные вариации, связанные с динамикой солнечной системы
Геосферные	Горизонтальный энергомассообмен в атмосфере и океане, включая атмосферную и океаническую циркуляции, вихревые образования и квазиламинарные течения. Вертикальный энергомассообмен в атмосфере и океане, включая конвективные движения и турбулентное перемешивание. Эволюционные и спорадические геодинамические явления, включая вулканизм и землетрясения
Биосферные	Явления вегетационного периода, включая режим газообмена и фотосинтетические процессы. Региональная сукцессия (смена биоценозов). Биогеохимические вариации в атмосфере и океанах
Антропогенные	Промышленные аэрозольно-газовые выбросы, включая выбросы парниковых газов и вредных примесей. Ландшафтные, гидрологические и орографические последствия хозяйственной деятельности

полно описывать климатические и экосистемные процессы, их взаимосвязи и изменения. Именно такой комплексный мониторинг климатических и экологических систем отвечает требованиям интегрированных региональных исследований для решения фундаментальной проблемы по интерпретации и прогнозу природно-климатических изменений и их последствий в различных регионах планеты.

Не менее важным обстоятельством для мониторинга природно-климатических процессов является также созревшая необходимость раздельного расширенного описания «погодных, формирующих погоду, и климатических, формирующих климат, процессов» [9]. Такое описание климатических процессов не противоречит классическому определению климата как многолетнего режима погодных условий, но позволяет более адекватно учитывать одновременное влияние климато- и средообразующих факторов на природные и климатические процессы, а также взаимосвязь наблюдаемых глобальных и региональных изменений.

Из вышесказанного следует, что первыми практическими шагами на пути создания региональной сети мониторинга являются следующие виды работ:

– научно-методическое обоснование перечня приборного оборудования для оснащения пунктов наблюдений сети мониторинга с учетом метеорологических требований, предъявляемых к климатическим и экосистемным данным, потребности в проведении сравнений данных наземных наблюдений с данными аэрокосмического зондирования и математического моделирования;

– научно-методическое обоснование территориального размещения пунктов наблюдений сети мониторинга с учетом региональных природно-климатических особенностей и перспектив социально-экономического развития.

Одновременно с практической реализацией концепции регионального сетевого мониторинга природно-климатических процессов необходимо развивать теоретические вопросы, связанные с региональным климатом и экосистемами и их изменениями, взаимосвязями природных и климатических процессов в регионе и оценкой их долевого участия в глобальных процессах, а также с последствиями и рисками для окружающей среды и человека, обусловленными природно-климатическими изменениями.

2. Научно-методические аспекты приборного оснащения

Анализ современной базы измерительных средств и технологий, используемых в существующих сетях мониторинга, показал, что для успешных интегрированных региональных исследований в настоящее время в достаточной мере имеется необходимое сертифицированное приборное оборудование как зарубежного, так и отечественного производства, включая собственные разработки институтов СО РАН. В связи с этим для приборного оснащения пунктов наблюдений создаваемой региональной сети монито-

ринга будут, в основном, использоваться уже имеющиеся измерительные приборы и системы. Однако будет также использоваться и экспериментальное оборудование, требующее некоторых доработок или разработки в случае отсутствия аналогичного оборудования на мировом рынке.

Структура типового пункта наблюдений региональной сети мониторинга представлена на рис. 1.

В пункте наблюдений измерительное оборудование размещается группами на нескольких наблюдательных площадках (или платформах и устройствах). Совокупность измерительных приборов на каждом пункте наблюдений рассчитана на контроль основных характеристик экосистемных и климатических процессов, включая опасные метеорологические явления.

Площадка для гидрометеорологических наблюдений предназначена для контроля метеорологических и гидрологических изменений, включая изменения теплового баланса подстилающей поверхности и характеристик атмосферного электричества, определяющих местные климатические изменения и особенности. Обеспечение пунктов наблюдений автоматическими метеорологическими станциями (с 10-метровыми мачтами) производства Vaisala (Финляндия), которыми в настоящее время переоснащается гидрометеорологическая сеть России, позволит привязать данные гидрометеорологических наблюдений к данным мировой наблюдательной сети.

30-метровое мачтовое устройство предназначено для градиентных метеорологических измерений, в том числе измерений вертикальных потоков тепла, влаги и углекислого газа. В состав измерительной системы входят акустические термоанемометры (ИМКЭС СО РАН) на разных уровнях и датчики углекислого газа (Vaisala), обеспечивающие высокочастотный контроль термодинамических и турбулентных атмосферных пульсаций и пульсаций концентрации углекислого газа.

Площадка (платформа) для аэрозольно-радиационных измерений предназначена для контроля общего содержания водяного пара и спектральной аэрозольной оптической толщи с помощью солнечного фотометра (ИОА СО РАН), спектрального содержания аэрозольных частиц в приземном слое с помощью аэрозольных спектрометров (TSI, США) и спектральных и интегральных характеристик ультрафиолетовой и фотосинтетически активной солнечной радиации и общего содержания озона с помощью радиометра (NILU, Норвегия).

Площадка (платформа) для дистанционного зондирования атмосферы предназначена для контроля с помощью систем лазерного, акустического и радиозондирования вертикальной структуры свободной атмосферы и пограничного слоя, включая вертикальное распределение основных метеорологических величин, облачности, атмосферного аэрозоля и некоторых малых газовых составляющих.

Площадки для экосистемных наблюдений предназначены для контроля биофизических, биохимических, биоморфологических и других значимых биологических процессов. Приборная комплектация



Рис. 1. Структура типового пункта наблюдений региональной сети мониторинга природно-климатических изменений

площадок включает, в частности, эмиссионные камеры с газоанализаторами парниковых газов (Licor, США), почвенные термовлагомеры (ИМКЭС), приборы для гидрогеохимических, почвенных, вегетационных и других экосистемных наблюдений.

Приведенная на рис. 1 структура типового пункта наблюдений показывает минимально необходимый набор измерительных площадок (платформ, устройств), который удовлетворяет требованиям, предъявляемым к современным интегрированным региональным исследованиям. Приборное оснащение пунктов наблюдений собственными экспериментальными разработками институтов СО РАН предполагает их дальнейшую модификацию. К числу этих приборов относятся акустический термоанемометр (ИМКЭС) [10], солнечный фотометр (ИОА) [11], аэрозольный лидар (ИОА) [12], СКР-лидар (ИМКЭС и ИОА) [13] и почвенный термовлагомер (ИМКЭС) [14].

3. Научно-методические аспекты территориального размещения пунктов наблюдений

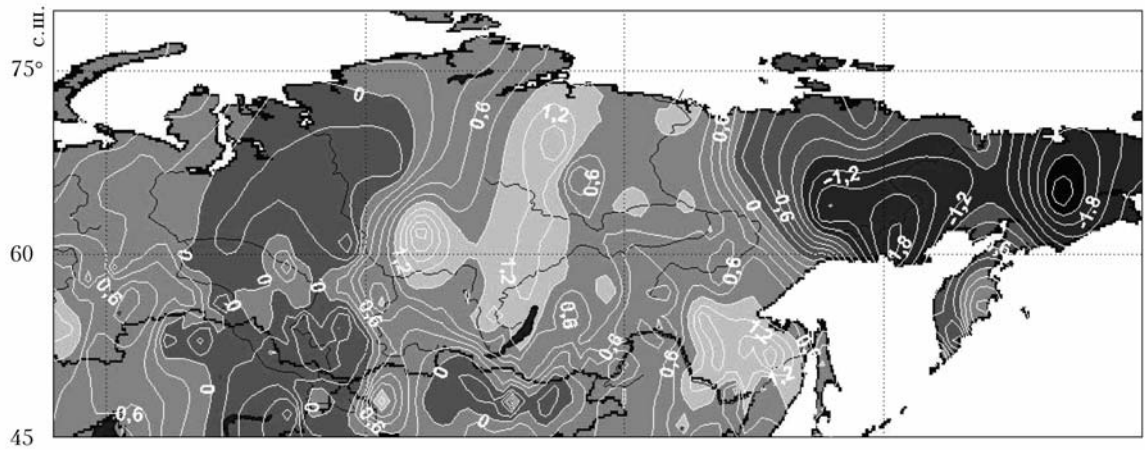
К настоящему времени ряды данных инструментальных метеонаблюдений на большинстве станций мировой сети, в том числе и российской, имеют длину свыше 60 лет, что превышает два 30-летних кли-

матических периода. Это позволяет использовать макро- и мезомасштабные климатические карты, которые демонстрируют территориальную неоднородность климатических характеристик, для выбора местоположений пунктов наблюдений региональной сети мониторинга. Приведем наиболее наглядные примеры таких карт, которые могут быть использованы в качестве рекомендаций оптимального территориального размещения пунктов наблюдений.

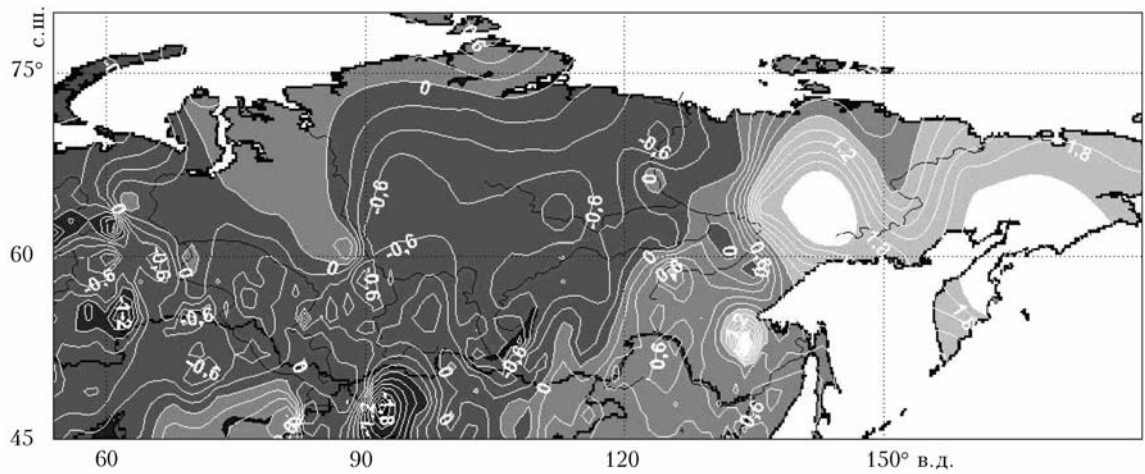
На рис. 2 представлены результаты расчетов линейных трендов среднеянварских значений температуры воздуха (рис. 2, *а*) и атмосферного давления (рис. 2, *б*) по данным наземных метеорологических наблюдений за период 1975–2005 гг. на территории Сибири и Дальнего Востока [15].

Как видно, среднеянварская температура на территории Сибири имеет территориально неоднородный, преимущественно положительный тренд, в то время как тренд атмосферного давления является преимущественно отрицательным и также территориально неоднородным. В свою очередь, анализ режима атмосферной циркуляции показал, что над территорией Сибири в период 1975–2005 гг. наблюдалось уменьшение количества циклонов, но увеличение их глубины и времени пребывания [16].

Другой пример, иллюстрирующий территориальную климатическую неоднородность, но меньшего масштаба, показан на рис. 3.

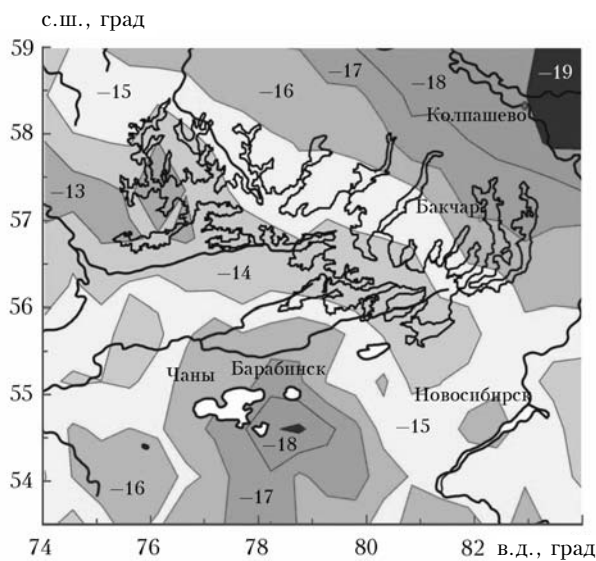


a

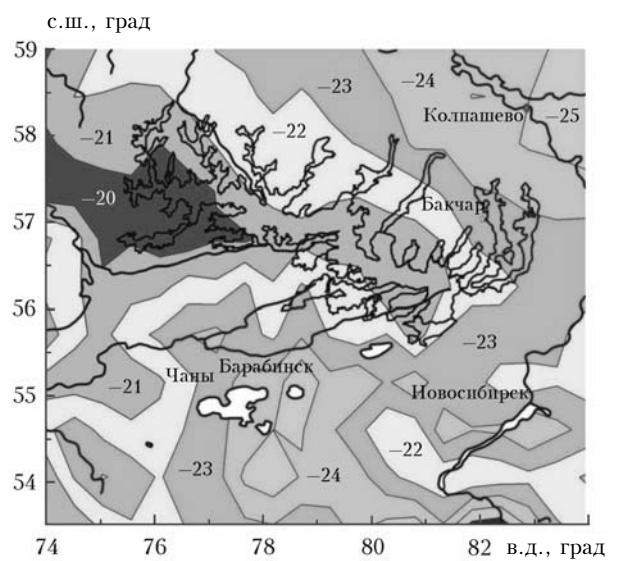


б

Рис. 2. Декадные изменения в Сибири и на Дальнем Востоке среднеянварских значений температуры воздуха (*a*) и атмосферного давления (*б*) по данным наземных метеорологических наблюдений за период 1975–2005 гг.



a



б

Рис. 3. Распределение среднемесячной температуры на изобарических уровнях 1000 (*a*) и 700 гПа (*б*) над территорией Большого Васюганского болота в феврале 2004 г. по данным спектрорадиометра MODIS

На нем представлено распределение среднемесячной температуры на изобарических уровнях 1000 (а) и 700 гПа (б) над территорией Большого Васюганского болота в феврале 2004 г. по данным спектрорадиометра MODIS [17, 18]. В центре рисунка показан контур этого уникального по запасам торфа природного образования общей площадью около 53 тыс. км².

На картах видно, что области с более высокой температурой располагаются непосредственно над территорией болотной экосистемы. Одной из причин подобного совпадения, на наш взгляд, является географическая особенность подстилающей поверхности данного природного образования, представляющей собой водонасыщенную торфозалежь толщиной от 2 до 6 м. Эта особенность выражается в различии теплофизических свойств подстилающих поверхностей обширного болота и окружающей его территории. На рис. 3 видно, что «отепляющее» влияние торфяного болота сохраняется в феврале до высот выше пограничного слоя атмосферы, а вызываемые им температурные различия сравнимы с колебаниями среднегодовой температуры.

В целом из анализа данных наблюдений для всех месяцев года, подобно представленным на рис. 2 и 3, следует, что исследования региональных природно-климатических изменений должны учитывать региональные особенности, прежде всего мезомасштабных экосистем, и предусматривать размеще-

ние пунктов наблюдений на их территории. Облегчающим (и удешевляющим проект) обстоятельством для создания региональной сети мониторинга является наличие у институтов СО РАН действующих научных стационаров (экспедиционных опорных баз). В свое время (во второй половине XX в.) многие из этих стационаров создавались для регулярных полевых исследований тех или иных природных объектов (лесов, болот, степей и т.д.) и поэтому размещены в наиболее характерных природно-климатических зонах Сибири. Благодаря этому использование таких стационаров в качестве пунктов наблюдений региональной сети мониторинга рассматривается в настоящее время как основной вариант решения территориального вопроса. С другой стороны, вследствие того, что решение многих современных научно-практических задач на этих стационарах в настоящее время сдерживается их недостаточным приборным обеспечением, а также устаревшей коммуникационной и инженерной инфраструктурой, включение стационаров в сеть мониторинга будет для них существенной помощью в их развитии.

На рис. 4 представлена карта, показывающая месторасположение стационаров институтов СО РАН, уже готовых к приему и организации пунктов наблюдений, а также участков, на месте которых необходимо организовать новые пункты наблюдений: — климатозоологическая обсерватория Института мониторинга климатических и экологических

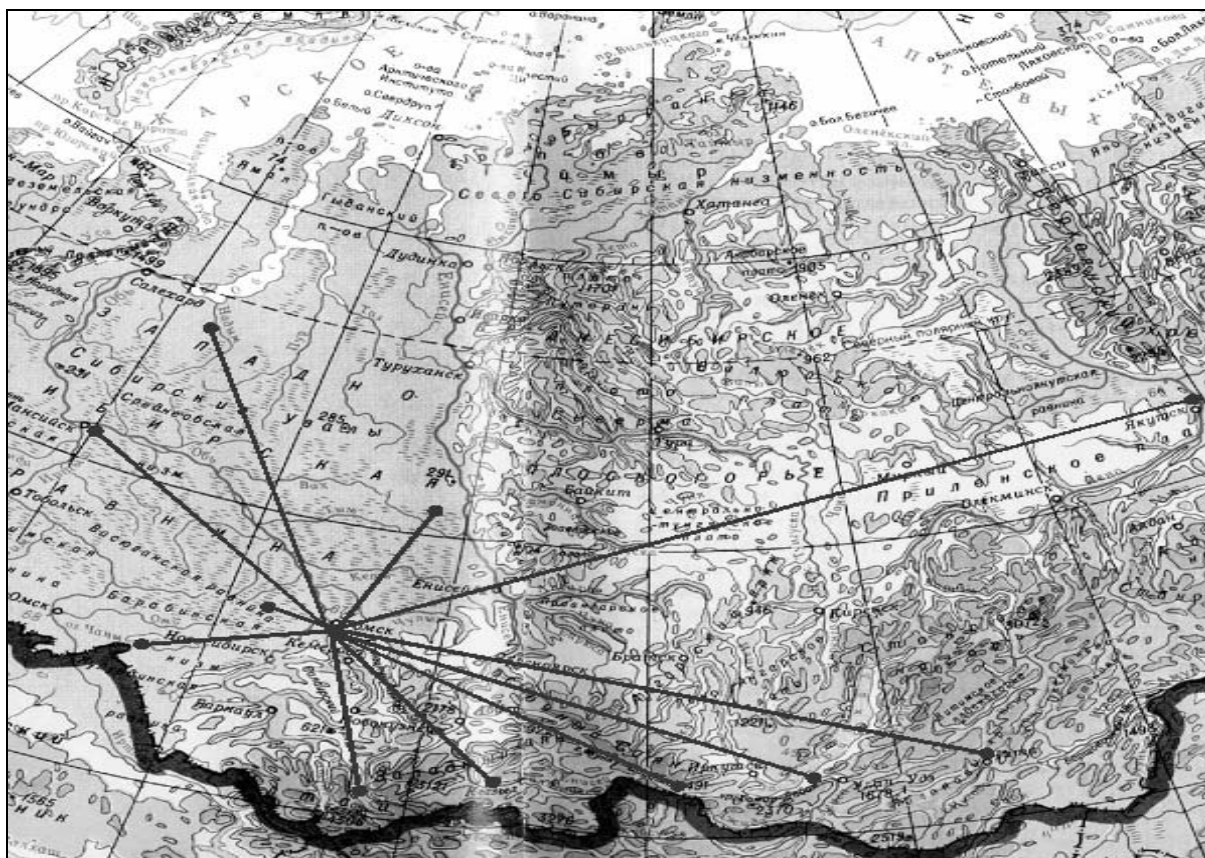


Рис. 4. Планируемое расположение пунктов наблюдений региональной сети мониторинга природно-климатических изменений в Сибири

систем (Томск) как центр научно-методического, инженерно-технического и информационно-аналитического обеспечения деятельности региональной сети мониторинга;

– стационар «Васюгань» Института мониторинга климатических и экологических систем (Томск) на Бакчарском болоте, входящем в лесоболотный комплекс Большого Васюганского болота;

– стационары «Истомино» Байкальского института природопользования (Улан-Удэ) и «Боярский» Отдела физических проблем Бурятского научного центра (Улан-Удэ) на восточном побережье озера Байкал;

– Ивано-Арахлейский аквальный стационар Института природных ресурсов, экологии и криологии (Чита) в озерно-лесной зоне на юге Восточной Сибири;

– стационары Института леса (Красноярск) в лесостепной зоне Средней Сибири;

– стационары Института водных и экологических проблем (Барнаул) в лесостепной и горнолесных зонах Горного Алтая;

– стационары Института систематики и экологии животных (Новосибирск) в озерно-степной зоне на юге Западной Сибири;

– стационары Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов (Кызыл) в горно-степной зоне на юге Средней Сибири;

– стационары Института мерзлотоведения и Института космофизических исследований и аэронауки (Якутск) в зоне вечной мерзлоты Восточной Сибири;

– пункты наблюдений в горно-долинной зоне Восточных Саян (Монды);

– пункты наблюдений в лесоболотной зоне на северо-западе Западной Сибири (Ханты-Мансийск);

– пункты наблюдений в зоне лесотундры и вечной мерзлоты Западной Сибири (Надым).

Как видно, пункты наблюдений представляют практически все основные географические зоны Сибири. Это в полной мере соответствует задачам интегрированных региональных исследований, причем исследований мирового уровня, которые позволят привлекать со стороны как отечественных, так и зарубежных специалистов или целые научные группы.

Заключение

Глобальные и региональные природно-климатические изменения являются результатом взаимодействия экологических и климатических систем под воздействием естественных и антропогенных факторов. Недостаточная изученность сложных причинно-следственных связей, широкий диапазон временных масштабов климато- и средообразующих процессов и их зависимость от многих параметров среды и климата определяют трудности по организации комплексного междисциплинарного мониторинга. Эти трудности связаны как с полноценным научно-методическим обоснованием необходимой сети мониторинга, так и с технологическими задачами по унификации измерительных средств, режимов и форматов данных наблюдений.

Создание региональной сети мониторинга природно-климатических изменений в Сибири ориентировано в перспективе на ее включение в состав российских и мировых сетей мониторинга. Поэтому требования к создаваемой сети определяются не только региональными научно-практическими задачами в природно-климатических зонах с учетом перспектив их урбанизации, но и международными стандартами интегрированных региональных исследований, которые проводятся в рамках ряда национальных [19] и международных [20] проектов по комплексному мониторингу.

Данная работа выполнена в рамках заказного интеграционного проекта СО РАН № 8.

1. IPCC Third Assessment Report / J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs et al. (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 881 p.
2. IPCC Fourth Assessment Report / S.D. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p.
3. *Изменение климата: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата* / Под ред. Р.К. Пачаури, А. Райзингера и основной группы авторов. Женева: МГЭИК, 2007. 104 с.
4. <http://www.essp.org/index.php?id=41>
5. *Кондратьев К.Я., Лосев К.С.* Иллюзии и реальность стратегии устойчивого развития // *Вестн. РАН.* 2002. Т. 72, № 7. С. 592–601.
6. WMO: World Meteorological Organization. The Physical Basis of Climate and Climate Modelling // GARP Publications. 1975. N 16. Geneva: WMO. (Физические основы теории климата и его моделирования: Пер. с англ. / Под ред. А.С. Мониной. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 271 с.).
7. *Кабанов М.В., Лыкоsov В.Н.* Мониторинг и моделирование природно-климатических изменений в Сибири // *Оптика атмосф. и океана.* 2006. Т. 19, № 9. С. 753–764.
8. *Brasseur G., Moore B.* The new and evolving IGBP // *IGBP Newsllett.* 2002. N 50. P. 1–3.
9. *Будыко М.И.* Климат и биосфера // *Современные проблемы экологической метеорологии и климатологии.* СПб.: Наука, 2005. С. 9–24.
10. *Кабанов М.В., Тихомиров А.А.* Научное приборостроение: от разработок для исследований по атмосферной оптике к промышленным образцам для контроля природных и техногенных систем // *Оптика атмосф. и океана.* 2007. Т. 20, № 5. С. 459–466.
11. *Кабанов Д.М., Сакерин С.М., Турчинович С.А.* Солнечный фотометр для научного мониторинга (аппаратура, методики, алгоритмы) // *Оптика атмосф. и океана.* 2001. Т. 14, № 12. С. 1162–1169.
12. *Самойлова С.В., Балли Ю.С., Коханенко Г.П., Пеннер И.Э.* Исследование вертикального распределения тропосферных аэрозольных слоев по данным многократного лазерного зондирования. Часть 1. Методы восстановления оптических параметров // *Оптика атмосф. и океана.* 2009. Т. 22, № 4. С. 344–357.
13. *Arshinov Y., Bobrovnikov S., Serikov I., Ansmann A., Wandinger U., Althausen D., Mattis I., Müller D.* Daytime operation of a pure rotational Raman lidar by use of a Fabry–Perot interferometer // *Appl. Opt.* 2005. V. 44, N 17. P. 3593–3603.

14. Кураков С.А., Крутиков В.А., Ушаков В.Г. Автономный измеритель профиля температуры АИПТ // Приборы и техн. эксперим. 2008. № 5. С. 166–167.
15. Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В., Харюткина Е.В. Структура и динамика метеорологических полей на азиатской территории России в период интенсивного глобального потепления 1975–2005 гг. // Ж. Сиб. федерального ун-та. Биология. 2008. Т. 1, № 4. С. 323–344.
16. Горбатенко В.П., Ипполитов И.И., Поднебесных Н.В. Циркуляция атмосферы над Западной Сибирью в 1976–2004 гг. // Метеорол. и гидрол. 2007. № 5. С. 28–36.
17. Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Лагутин А.А., Логинов С.В. Мезомасштабное влияние Большого Васюганского болота на температурный режим территории // VI Сибирское совещание по климатоэкологическому мониторингу. Томск: ИМКЭС СО РАН, 2005. С. 49–54.
18. Кабанов М.В. Региональные аспекты современной климатологии по результатам анализа наблюдаемых природно-климатических изменений в Сибири // Оптика атмосф. и океана. 2006. Т. 19, № 11. С. 927–933.
19. Pennisi E. A groundbreaking observatory to monitor the environment // Science. 2010. V. 328, N 5977. P. 418–420.
20. Nobre C.A., Wickland D., Kabat P.I. Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA) // IGBP Newslett. 2001. N 45. P. 2–4.

I.I. Ippolitov, M.V. Kabanov, S.V. Smirnov. Strategy of monitoring network for climatic and environmental processes in Siberia.

Conceptual background and technical approaches of instrumental and territorial observation of sites for formation of regional monitoring network for climatic and environmental change in Siberia are discussed. The need in simultaneous complex control for physical, chemical, and biological parameters and quantities, able to describe amply the climate and ecosystem processes, their correlations and variations is grounded on. The sites of monitoring stations in Siberian regions, using the research stations of SB RAS institutions, and the variants of unified architecture and instrumentation for monitoring stations are also presented.