

Партнерская Инициатива в Области Наук о Земле в Северной Евразии (NEESPI)

Обзор Научного Плана (Декабрь 2004)

Вариант 2.1

Предисловие

Настоящий обзор Научного Плана NEESPI дает сжатое изложение целей NEESPI, научных приоритетов и общей стратегии при проведении широкомасштабной, интегрированной, региональной программы исследований в регионе Северной Евразии.

Вариант 2.1 Полного Научного Плана NEESPI был разработан после двух крупных научных семинаров, состоявшихся в России и на Украине в 2003 году, и включил в себя рекомендации, подготовленные группой независимых экспертов, которые провели всестороннюю экспертизу первой версии Научного Плана. Поступившие от них замечания и предложения, а также результаты дополнительных согласований между научными лидерами проекта по форме и содержанию документа, были тщательным образом учтены при подготовке настоящего варианта Научного Плана. *Поскольку партнерская инициатива в области наук о Земле в Северной Евразии (NEESPI) является открытой для других возможных национальных и международных участников, Научный План NEESPI возможно будет модифицирован в будущем с тем, чтобы учесть потребности и потенциальный вклад других сторон, выразивших интерес участвовать в данной инициативе.*

Настоящий обзор представляет ключевые элементы Научного Плана и сфокусирован на научное обоснование и описание научных задач проекта. Дополнительные предложения, которые ожидаются после распространения этого документа, позволят учесть приоритеты заинтересованных государственных ведомств и международных научных программ, что в свою очередь откроет потенциальную возможность финансовой поддержки тех или иных направлений исследований по программе NEESPI. Ожидается, что по мере своего развития, NEESPI превратиться в масштабную научную программу, имеющую широкое представительство научных участников, финансовую поддержку и организационное руководство. Сотрудничество с существующими, а также планируемыми национальными и международными исследовательскими программами позволит выработать разностороннее интегрированное понимание этого важного региона планеты, а также улучшить понимание того, как его функционирование связано с функционированием глобальной системы Земли.

Дополнительные детали о программе NEESPI могут быть получены на NEESPI Web сайте по адресу <http://neespi.org/>. Полный Научный План NEESPI, обновляемый обзор Научного Плана, а также другие документы будут размещаться на Web сайте по мере их подготовки.

Группа подготовки научного плана NEESPI

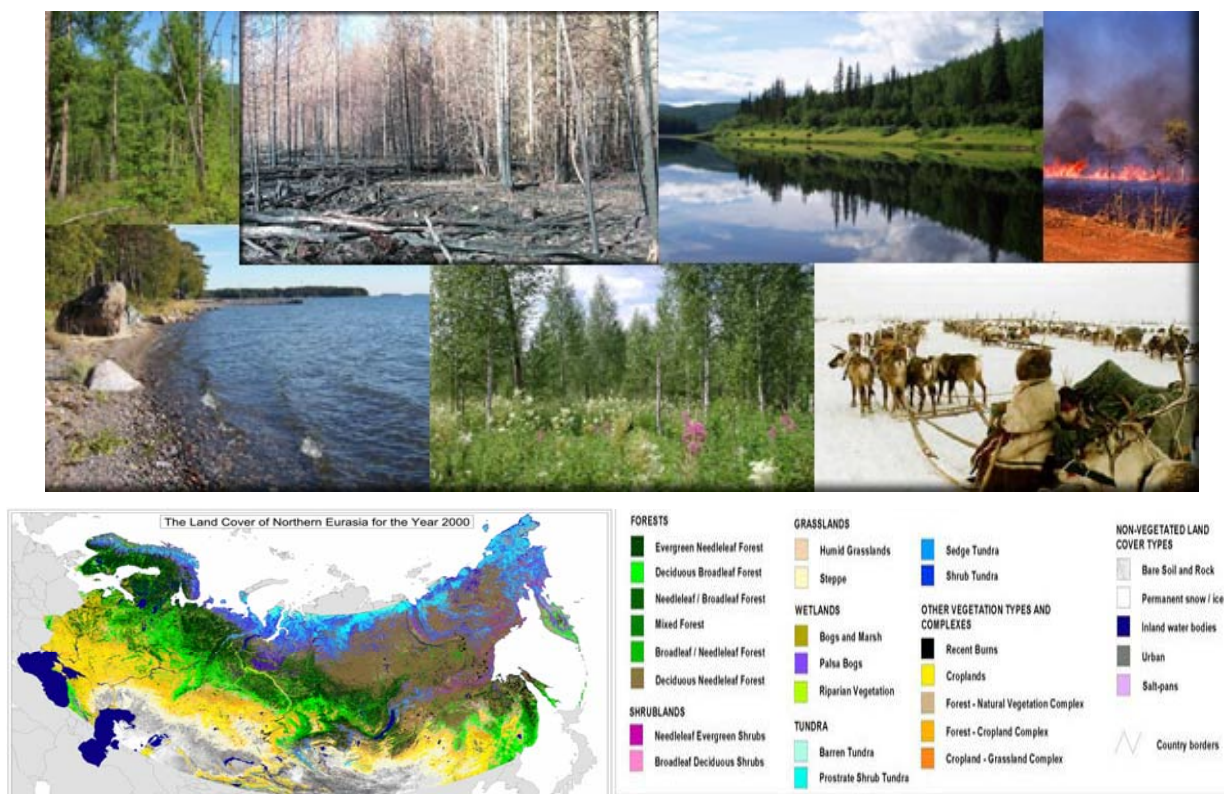
1. ВВЕДЕНИЕ

Северная Евразия охватывает 19% поверхности суши Земли и 59% суши планеты, лежащей севернее 40° с.ш. Природные условия региона чрезвычайно многообразны. В Северной Евразии, покрытой тундрой на севере, пустынями и полупустынями на юге, находится около 70% площади бореальных лесов и более 1/3 территории вечной мерзлоты Земли.

Северная Евразия – это ключевой регион для

Евразии, а моделирование будущих климатических изменений показывает, что в этом регионе произойдут самые большие изменения. Значительные изменения наблюдаются в атмосфере, гидросфере, криосфере и наземном покрове Северной Евразии, ясного объяснения причин которым пока не найдено.

Принимая во внимание географический масштаб и скорость этих изменений, такая



Карта наземных экосистем региона NEESPI

Источник: Объединенный исследовательский центр Европейской комиссии (Барталев и др., 2003)

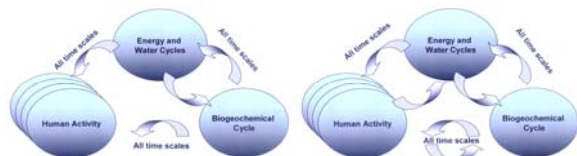
изучения глобальных изменений в этих двух биомах и их взаимосвязей с системой Земли. Климатические изменения в Северной Евразии за прошедшие 5000 лет относятся к числу наиболее заметных на планете. Отмеченное инструментальными наблюдениями прошлого столетия повышение температуры воздуха, было наибольшим во внутренних районах Северной

ситуация не может рассматриваться как приемлемая. Поэтому сейчас крайне важно разработать методы измерений, мониторинга и моделирования происходящих процессов, чтобы обеспечить точные прогнозы климатических и экологических изменений в этом регионе, которые будут оказывать влияние на глобальную систему Земли и человеческое сообщество.

Функционирование глобальной системы Земли может быть представлено как взаимодействие трех основных типов процессов (циклов):

- **Биогеохимические Циклы**, влияющие на состав атмосферы и океана, образование почв и эволюцию биомов;
- **Циклы Энергии и Воды**, влияющие на перенос энергии, воды, аэрозолей и малых газовых примесей между атмосферой, земной поверхностью, гидросферой и криосферой;
- **Деятельность Человека**, влияние которой на региональном уровне существенно проявляется в связи с процессами сельскохозяйственного освоения земель, расширения промышленного производства и лесопользования, сейчас уже оказывает влияние на всю глобальную систему Земли.

Изучение этих циклов и деятельности человека требует анализа взаимодействия каждой из указанных компонент с другими компонентами и неравновесного характера существующих взаимодействий.



Доиндустриальные (примерно до середины 19-го века) и современные взаимодействия в глобальной системе Земли.

Научный План направлен на исследование процессов на поверхности и в приповерхностном слое региона и, главным образом, на изучение **Динамики Наземных Экосистем**, как главного научного направления NEESPI. Обзор отражает научные вопросы и приоритетные направления NEESPI, а также дает анализ уникальных черт Северной Евразии, обосновывающих важность проведения исследований в регионе. Научный План рассматривает вопросы моделирования, дистанционного зондирования и других «инструментов» исследования протекающих в регионе процессов. Дается описание структурных элементов научной стратегии, объясняется необходимость образовательной

компоненты, которая в частности направлена на передачу опыта и знаний большому количеству студентов, вовлеченных в программу. В заключение обзора Научного Плана обозначены цели NEESPI на ближайшее десятилетие.

2. НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ВОПРОСЫ

Основные научные направления программы NEESPI включают изучение динамики экосистем, биогеохимические циклы, циклы энергии и воды, землепользование, социально-экосистемные связи, взаимодействие экосистем и климата, а также изучение процессов в холодных регионах и прибрежных зонах.

Фундаментальный научный вопрос программы NEESPI может быть сформулирован следующим образом:

Каким образом происходит взаимодействие наземных экосистем Северной Евразии с биосферой, атмосферой и гидросферой Земли?

Формулировка основной прагматической задачи программы NEESPI может быть представлена следующим научным вопросом:

Как разработать методы прогнозирования динамики наземных экосистем Северной Евразии в 21 веке для поддержки принятия взвешенных и обеспеченных информацией решений по вопросам окружающей среды и климата в глобальном масштабе, а также реализации практических приложений в регионе?

Несмотря на кажущееся различие, эти два вопроса близки между собой, поскольку для ответа на них необходимо провести одни и те же научные исследования. В частности, необходимо ответить на следующие вопросы:

- Как функционируют экосистемы Северной Евразии? Как и почему они изменялись в течение прошлых столетий?
- Каковы связи между экосистемами Северной Евразии, атмосферной циркуляцией и Мировым Океаном?

- Какова роль антропогенного фактора в формировании современного состояния экосистем в связи с изменениями землепользования и наземного покрова, а также в связи с глобальным переносом газов и аэрозолей? Какова при этом роль глобальных взаимодействий, а также локальных и региональных воздействий?
- Как деятельность человека будет влиять на экосистемы Северной Евразии и глобальную экосистему в будущем? Как будут изменяться обратные связи с обществом в этих экосистемах? Как можно описать эти процессы, используя набор локальных, региональных и глобальных моделей?
- Каковы будут последствия глобальных изменений для окружающей среды, экономики и условий жизнеобитания в Северной Евразии? Какова оптимальная стратегия принятия решений по вопросам окружающей среды в регионе?

Исследования в рамках программы NEESPI позволят улучшить интерпретацию имеющихся и перспективных данных дистанционного зондирования с использованием информации наземных наблюдений в регионе Северной Евразии

Информация о динамике наземных экосистем, понимание основных воздействующих факторов и предсказание будущих последствий крайне необходимы для изучения глобальных изменений, реализации соглашений по окружающей среде, разработки программ управления природными ресурсами и экологической безопасности, здоровья и благополучия людей. Для этого необходимо ввести в действие современную систему наблюдений, способную получать и интерпретировать информацию о текущем состоянии и изменениях окружающей среды в Северной Евразии. Более того, необходимо разработать методы использования получаемых данных в региональных и глобальных моделях, таким образом, чтобы

сопрячь изучение динамики наземных экосистем в регионе с исследованиями глобальных изменений. Другие научные вопросы и направления NEESPI представлены ниже.

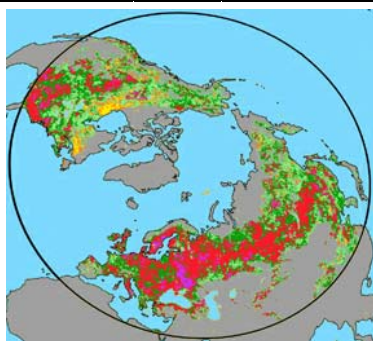
Биогеохимические Циклы

- Каково современное пространственно-временное распределение и динамика основных запасов и потоков углерода в экосистемах Северной Евразии?
- Каковы основные механизмы и обратные связи, управляющие динамикой биогеохимических циклов на локальном, региональном и континентальном уровнях?
- Каковы возможные изменения биогеохимических циклов в будущем, которые могут оказать влияние на климатическую систему и общество?
- Каковы существующие возможности и пределы управления биогеохимическими циклами для снижения неблагоприятных последствий?

Понимание роли и предсказание динамики биогеохимических циклов в Северной Евразии необходимо для выработки соответствующих политических решений, направленных на обеспечение благополучия людей в регионе. Анализ должен основываться на наземных измерениях, описании свойств и динамики экосистем, данных мониторинга возмущающих воздействий, изучении гидрологического переноса углерода. Исследования должны основываться на использовании моделей основных процессов, инверсии транспортных моделей и ассимиляции данных в указанные модели. Работы должны также включать междисциплинарные наземные исследования. Изучение процессов должно основываться на моделях регионального уровня, использующих знания об индивидуальных ландшафтах, землепользовании и экосистемах, а также включать исследования откликов и обратных биогеохимических реакций на внутренние возмущения и внешние воздействия. Моделирование является единственно

возможным подходом для предсказания биогеохимических циклов. Исследования, вопросов управления биогеохимическими циклами будут включать анализ экономических, энергетических и других аспектов, анализ подверженности рискам существующих пулов углерода, оценки возможностей депонирования углерода и разработки предупреждающих стратегий адаптации наземных экосистем Северной Евразии к экологическим изменениям.

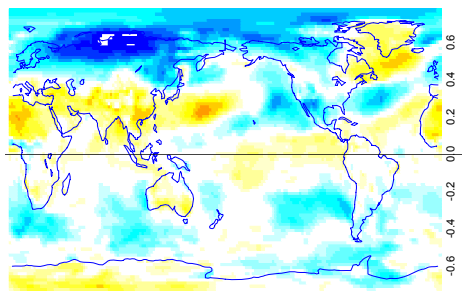
Леса	Площадь 10 ⁶ га	Запас С в почве, Гт	Запас С в растительности, Гт	Общий запас С, Гт
Бореальные	1509	624	51	675
Тропические	1756	216	159	375
Умеренные	1040	100	21	121



Географическое распределение изменений вегетационного индекса NDVI в 1981-1999 годах (Zhou et al 2003). Анализ данных NDVI (Muneri et al., 2001) показывает, что бореальные леса обеспечивают 0.68 ± 0.34 Гт/год чистого стока углерода, 70% которого происходит в Северной Евразии.

Циклы энергии и воды

- Каковы основные факторы (включая их вклад) и каковы механизмы обратных связей, контролируемые изменения циклов энергии и воды на локальном, региональном и континентальном уровнях?
- Каковы характеристики циклов энергии и воды в Северной Евразии и как они влияют на взаимодействие региона с глобальными циклами?



Корреляция температуры приземного слоя воздуха и меридионального температурного градиента в северном полушарии для зимнего сезона (Гершунов, 2003). Градиент определяет интенсивность зональной циркуляции в экстратропиках.

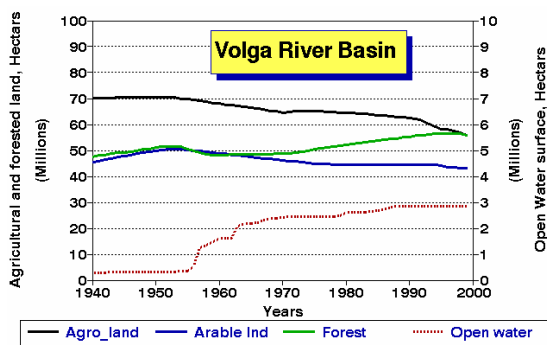
Приоритеты в исследованиях циклов энергии и воды установлены с учетом двух критериев. Во-первых, внимание должно фокусироваться на процессах, непосредственно влияющих на глобальную систему Земли, что позволит привлечь внимание международного сообщества к изменениям окружающей среды в Северной Евразии. Эти процессы очень важны на также региональном и надрегиональном уровнях. В большинстве случаев, обратные связи с глобальной системой Земли выражаются в незначительных проявлениях огромных изменений на субконтиненте, последствия которых "выходят" за пределы границ региона. Исследования обменов между поверхностью и атмосферой в регионе требуют оценки естественной динамики в сравнении с изменениями, вызываемыми человеком. Во-вторых, должны быть приняты во внимание процессы важной социальной значимости, то есть процессы, имеющие определяющее значение для населения региона. Это экстремальные погодные явления, таяние вечной мерзлоты, опустынивание, а также процессы, влияющие на сельское хозяйство, водоснабжение и качество воздуха. Недостатки знаний о циклах энергии и воды, а также ограничения систем наблюдения могут быть восполнены путем (а) использования современных средств мониторинга окружающей среды, (б) интеграции исторических наборов данных, данных современных систем наблюдения и результатов изучения процессов в объединенные базы знаний, (с) разработки

моделей, учитывающих процессы динамики наземных экосистем в Северной Евразии и имеющих интерактивные связи с региональным и глобальным климатом, экологических, и экономических моделей (d) придания указанным моделям статуса рабочего инструмента в практических приложениях.

Землепользование: социально - экосистемные связи

Следующие вопросы программы NEESPI в отношении землепользования и общества являются центральными:

- Какие изменения происходят в Северной Евразии, и каково их влияние на окружающую среду и общество?



Динамика землепользования в бассейне р. Волга за последние 60 лет (Голубев и др., 2003)

- Какие уроки практики землепользования периода “плановой” экономики могут быть извлечены для будущего устойчивого управления природными ресурсами?



Изменения Аральского моря

- Каковы последствия для окружающей среды социально-экономических изменений в Северной Евразии?
- Каковы экологически обоснованные стратегии развития общества?

Огромный регион Северной Евразии с широким спектром земель, экосистем и населяющих его народов претерпели фундаментальные изменения в результате беспрецедентных трансформаций социальных условий, экономики, политической системы, а также окружающей среды в странах региона. Изменения землепользования изменили процессы в экосистемах (включая динамику углерода и воды, а также изменения биоразнообразия) и процессы взаимодействия поверхности с атмосферой. Современный уровень знаний и понимание взаимосвязей между социально-экономической, экологической и климатической системами в настоящее время не достаточны. Развитие исследований в программе NEESPI должно быть сфокусировано на таких аспектах, как здоровье и благополучие людей, влияние пожаров и загрязнений на экосистемы и население, биоразнообразие, сельское и лесное хозяйство, управление качеством воздуха и воды, а также природные катастрофы. Полученные результаты обеспечат информационную поддержку принимаемых решений и реализацию ряда практических приложений в регионе.

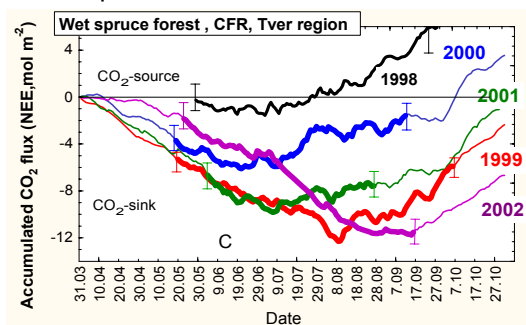
Взаимодействие экосистем и климата

В Северной Евразии взаимодействие экосистем и климата играет важную роль. Поэтому ключевым является следующий научный вопрос программы NEESPI:

- Как учесть синергизм обратных связей между процессами в наземных экосистемах, климатической системе, криосфере и гидросфере Северной Евразии, а также их взаимосвязей с обществом?

Обзор выполненных исследований показывает, что комбинация многих факторов и связей затрудняет ответ на вопрос о направлении и силе взаимодействий наземных экосистем и климата, часто неточно называемыми “биогеохимическими и биогеофизическими обратными связями”. Понимание этих связей и их описание с использованием моделей необходимо для прогноза поведения экосистем

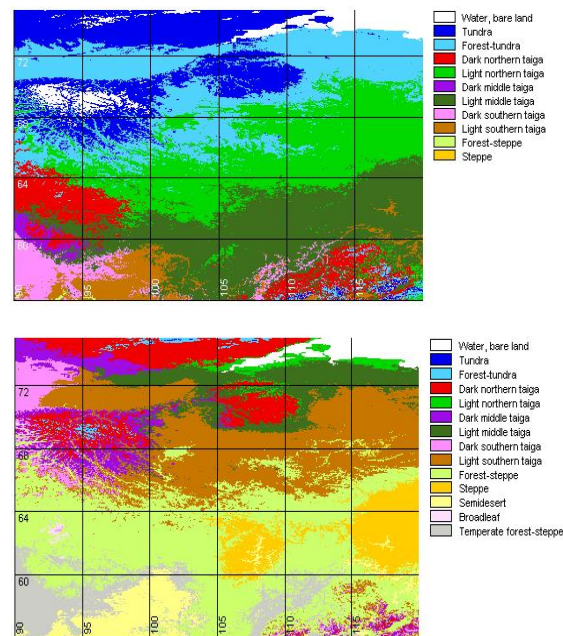
в будущем. Особое внимание должно быть уделено наиболее уязвимым экосистемам и процессам с положительными обратными связями, которые, однажды начавшись, приобретают необратимый характер. Наибольшие изменения экосистем Северной Евразии в результате взаимодействия с климатом могут ожидать в таежной (связь между гидрологией и растительностью) и прибрежной зонах (таяние вечной мерзлоты – эмиссия тепличных газов), на границах растительных зон, таких как лес-тундра (альбе́до–растительность), лес-степь (альбе́до-растительность и гидрология-растительность), степь-пустыня (процессы опустынивания), а также в горах.



Нетто-продукция экосистемы (NEE) в период 1998–2002 [положительный поток CO₂ в атмосферу; проект Eurosiberian Carbonflux]. Знак годового NEE зависит от погодных условий.

Получение достоверной картины изменений в экосистемах Северной Евразии, имеющих мощные обратные связи, требует проведения расчетов по соответствующим интерактивным моделям¹. Синергетический подход и использование знаний о взаимосвязях экосистем и климата в Северной Евразии являются необходимым условием моделирования сценариев развития региона и планеты.

¹ В противном случае (например, при использовании GCM моделей для расчета сценариев при увеличении концентрации тепличных газов), крупномасштабные изменения экосистем создали бы дополнительные региональные факторы воздействия (биогеохимические обратные связи), приводя, таким образом, в соответствие предположения расчетов по GCM. Более того, изменения биомассы и углерода в почвах и болотах, а также таяние вечной мерзлоты (которое неминуемо будет сопровождать эти изменения) создадут дополнительный и устойчивый усиливающий фактор (как для биогеохимических, так и для биогеофизических откликов).



Распределение экосистем в центральной и восточной Сибири (наверху) в условиях современного климата и (внизу) в результате возможного потепления к 2090 году согласно расчетам по модели HADCM3GGa1 (Чебакова и др., 2003). В соответствии с этим сценарием тундра и лесотундра (в настоящее время – примерно 1/3 площади) практически исчезнет, в то время как тайга (около 2/3 Сибири) переместиться на север и сократиться примерно до 40% по площади.

Направления специализированных исследований

Специализированные исследования процессов в холодных регионах, прибрежных зонах, воздействия атмосферных аэрозолей и загрязнений призваны дать ответ на следующий научный вопрос:

- Как изменения в этих регионах и/или зонах влияют на региональные и глобальные биогеохимические циклы, циклы энергии и воды, и человеческое сообщество?

Процессы в холодных регионах. Вечная мерзлота и ледники играют важную роль в поддержании стабильности экосистем и влияют на циклы углерода, энергии и воды. Наличие большого количества льда на поверхности и под ней делает северные и высокогорные экосистемы, а также сооружения инфраструктуры уязвимыми к происходящим и будущим изменениям климата.

Стабильность экосистем и инфраструктуры в холодных регионах зависят от состояния льда. Сокращение ледников и таяние вечной мерзлоты приводит к потере стабильности этих систем.

Начало углубленного таяния вечной мерзлоты и интенсивное сокращение ледников способно вызвать разрушительные процессы в экосистемах и инфраструктуре. Необходимо предпринять скоординированные усилия для (а) создания системы мониторинга вечной мерзлоты и ледников; (б) создания моделей их изменения во взаимосвязи с экосистемами, гидрологией, атмосферой и обществом; (с) разработки стратегий смягчения негативного влияния таяния вечной мерзлоты и ледников.



(Наверху) Современные бореальные экосистемы на вечной мерзлоте и (внизу) два сценария их изменения при таянии вечной мерзлоты: болота (при плохих дренажных условиях) и степи

Прибрежные зоны. В регионах интенсивного экономического развития и густонаселенных районах интенсивные изменения прибрежных зон требуют пристального внимания ввиду *экстремально высокого риска их деградации в ближайшие десятилетия*. Основные проблемы состоят в следующем: интенсификация эрозии крутых берегов и осадочных пород, деградация уникальных прибрежных и морских экосистем, повреждения локальной и региональной инфраструктуры, изменение топографии дна в результате эрозии на вечномерзлотных

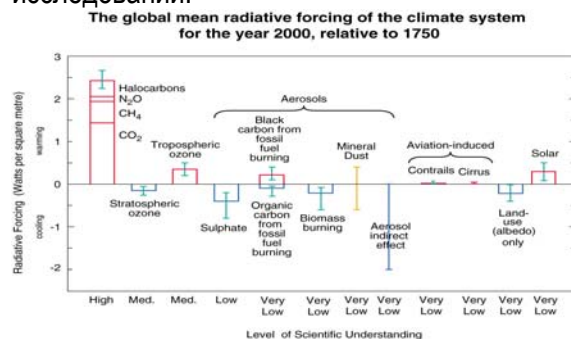
каменистых грунтах, что имеет большое значение в связи с изменениями глобального биогеохимического цикла и с использованием Северного морского пути. Из этого следует, что должны быть разработаны и введены в действие регионально ориентированные стратегии развития прибрежных зон. В частности, должен быть найден экологически обоснованный баланс между необходимостью сохранения уникальных экосистем и дальнейшим экономическим развитием.



Вверху. Опасная ситуация с нефтехранилищем на берегу Печорского моря (20 лет назад оно было удалено от берега на 60м; Огородов 2003). Внизу. Распределение фитопланктона в дельте р. Днепр демонстрирует процессы эвтрофикации. Landsat-7. 10 августа, 1999 год (каналы ETM+: 3,2,1)

Атмосферные аэрозоли и загрязнения. В Северной Евразии источником поступления в атмосферу аэрозольных частиц и газовых загрязнений являются эмиссии от сжигания топлива и промышленности, природные пожары, а также хозяйственная деятельность, приводящая к изменению землепользования. Прямые и косвенные эффекты влияния аэрозолей на циклы энергии и воды, а также изменения климата в настоящее время не ясны. Атмосферные аэрозоли и газовые загрязнения

вливают на экосистемы, создают угрозу здоровью и наносят вред экономике. Ожидается, что изменения климата и рост населения в XXI веке, вызовут рост концентрации атмосферного аэрозоля. *Этим вызвана потребность улучшения знаний о взаимодействиях между изменяющимся атмосферным аэрозолем и системой Земли для понимания того, как и почему климат и окружающая среда изменяются.* Программой NEESPI предполагается создание научных основ решения этой проблемы в Северной Евразии, на территории которой уровень загрязнений и ряд уникальных особенностей выбросов аэрозолей требуют специальных исследований.



Основные факторы изменения климата (IPCC, 2001).



Лесные пожары и дымы над оз. Байкал (6 июля 2003г., изображение MODIS).

Инструменты: Дистанционное зондирование, информационные технологии и моделирование

В программе NEESPI дистанционное зондирование, информационные технологии и моделирование относятся к важным инструментам исследований. Исследования по этим направлениям направлены на решение следующих ключевых научных вопросов:

- Как улучшить достоверность и доступность, получаемых по данным дистанционного зондирования, продуктов, для того чтобы удовлетворить требования исследований в области глобальных изменений и усовершенствовать управление природными ресурсами?
- Как улучшить существующие системы наблюдения за климатическими и экологическими характеристиками в условиях Северной Евразии?
- Как снизить уровень неопределенности региональных и глобальных моделей, за счет улучшения знаний о происходящих процессах и имеющихся связях в Северной Евразии?
- Как обеспечить в моделях замкнутую обратную связь социального типа для моделирования сценариев человеческой деятельности в регионе, в частности приводящую к изменению режимов землепользования?

3. ВАЖНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ В СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

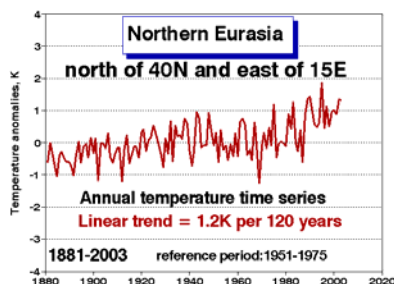
Необходимость проведения исследований в Северной Евразии и получения ответов на поставленные научные вопросы обосновывается следующими важными причинами:

- Изменения в регионе потенциально могут влиять на глобальный климат и экологию Земли и возможно уже оказывают это влияние.
- Регион имеет уникальные особенности, требующие лучшего понимания, описания и учета, без чего глобальное моделирование не представляется возможным.
- Российские ученые имеют огромный научный потенциал и опыт работы в данных направлениях. Почти за столетний период российскими учеными накоплены уникальные данные, необходимые для проведения исследований.

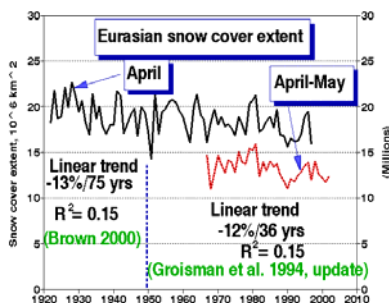
Происходящие и будущие изменения, глобальные последствия

Как обширная часть северного полушария, обладающая выраженной географической зональностью, наибольшим на Земле резервуаром углерода, а также подверженная ощутимым климатическим воздействиям и масштабным изменениям землепользования за последнее столетие, Северная Евразия имеет предпосылки к проявлению нелинейных и резких изменений в балансе углерода, энергии и воды. Эти изменения могут оказать влияние на глобальный климат, биосферу и общество. В частности:

- Глобальный цикл углерода находится в тесной зависимости от режимов функционирования экосистем Северной Евразии, содержащих около 60% объема наземного углерода на планете.
- Климатические изменения в регионе могут вызвать изменения в глобальной атмосферной циркуляции и меридиональном переносе тепла.



- Изменения альбедо поверхности (изменения снежного/ледового покрова, растительности, землепользования) и влажности атмосферы могут изменить баланс тепла и воды.



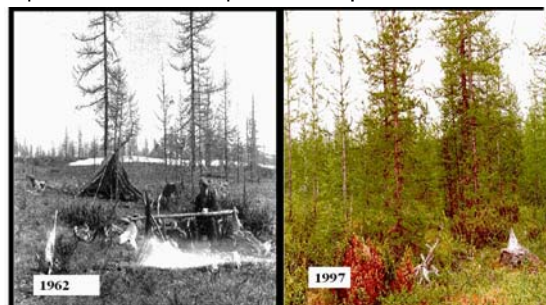
Площадь снежного покрова Евразии весной (апрель, апрель-май; Brown 2000, Groisman et al. 1994).

- Около половины площади региона находится в зоне вечной мерзлоты, контролирующей гидросферу и биосферу восточной части субконтинента. Таяние вечной мерзлоты может изменить цикл углерода в почве и во всей экосистеме, и, таким образом, концентрацию тепличных газов в атмосфере. Это повлечет изменения в растительном покрове и характеристиках гидрологического режима.



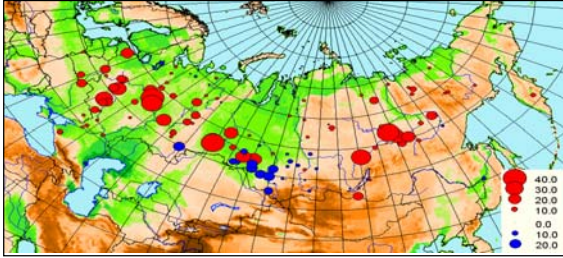
Распространение вечной мерзлоты в северном полушарии (Brown et al. 1997). Ледники (темно голубой) и области распространения вечной мерзлоты. Граница вечной мерзлоты на шельфе показана красной линией.

- Сдвиг границы леса, изменение режимов пожаров, заболачивание, вырубка лесов могут вызвать изменения биогеохимических циклов, а также циклов энергии и воды.



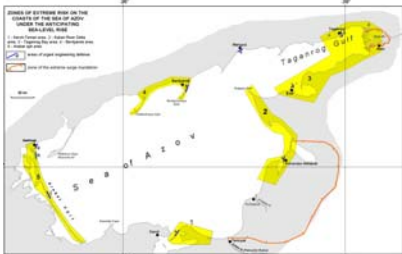
Смещение границы лесов

- Масштабное осушение болот Западной Сибири и Великой Русской равнины привело к деградации этих экосистем, а также могло повлиять на цикл углерода и водный сток.
- Изменения гидрологического цикла на континенте вызовут изменения в переносе пресной воды в Мировой Океан, что в свою очередь может повлиять на его термохалинную циркуляцию.



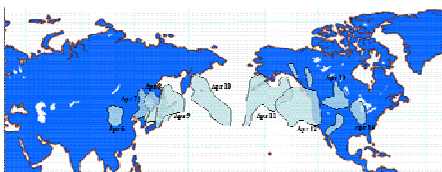
Изменения годового стока в Северной Евразии. Отклонения (%) стока за 1978-2000 годы в сравнении со средним значением за предыдущие 55 лет. (Георгиевский и др., 2003).

Изменения переноса пресной воды, органического и неорганического вещества могут влиять на биогеохимические процессы на шельфе морей и внутренних озер. Интенсивная эрозия (до 10 м/год в ряде районов) и изменения береговой линии повлияют на условия жизни и могут вызвать огромный экономический ущерб.



Угрожающее состояние берегов Азовского моря

- Аридизация внутренней части континента может увеличить выброс аэрозолей в тропосферу и оказать влияние на тепловой баланс Земли, а также экосистемы и население, находящиеся на значительном удалении от мест происхождения пыльных бурь.



Дальний перенос пыли в результате бури в пустыне Гоби 6 апреля, 2001 (Дарменова и Соколик, 2002).

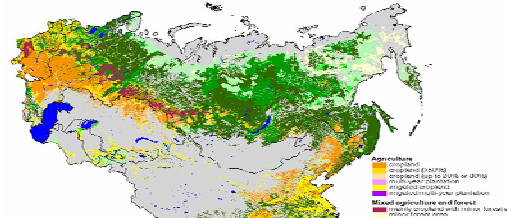
- Сокращение ледников в горах Центральной Азии и Кавказа, уменьшение водной поверхности, нарастающая засушливость в степной и полупустынной зонах влияет на альbedo поверхности, доступность и

качество водных ресурсов и, таким образом, на глобальный климат и общество.



Сокращение ледника Петрова в центральном Тянь-Шане (Айзен и Кузьмиченок, 2003).

- Антропогенные изменения экосистем основной части степей и лесостепей, а также значительной части лесов вызвало биогеохимические и биогеофизические отклики глобального масштаба, оказывающие влияние на здоровье и качество жизни людей.



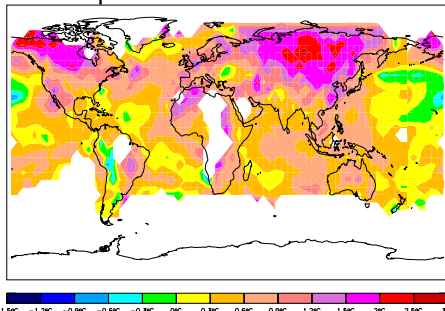
Сельскохозяйственные земли (оранжевый цвет) сейчас занимают около 90% степной и лесостепной зон Северной Евразии (Fischer et al. 2001).

Уникальные особенности Северной Евразии

Северная Евразия охватывает наибольшую во внутритропической зоне территории суши. Ряд уникальных черт этого региона предопределен его географическим расположением:

- Северная Евразия имеет наибольшие в мире по площади бореальные леса и болотные экосистемы, состояние которых влияет на глобальные биогеохимические циклы и концентрацию в атмосфере тепличных газов.
- Это регион наиболее обширной в мире территории вечной мерзлоты (2/3 мировой площади). В зимнее время 2/3 региона покрыты снегом, и в нем сосредоточено более 1/3 горных ледников северного полушария планеты. Процессы в холодных регионах определяют уникальные особенности климата, гидрологии и экологии Северной Евразии.

- Это регион наиболее континентального климата, влияющего на интенсивность циркуляции муссонов Евразии, жизненно важных для густонаселенной южной половины субконтинента.
- Это регион крупнейших на Земле рек, озер и водоемов, самых больших бессточных районов мира, и наиболее протяженной прибрежной зоны, уязвимой при таянии вечной мерзлоты.



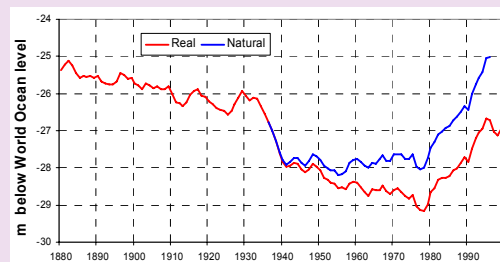
Изменение среднегодовой температуры в период 1965-2003 годов, (Jones and Moberg 2003).

- В Северной Евразии экосистемы часто испытывают недостаток тепла и/или влаги, а на большей части субконтинента существует дефицит тепла. Вместе с тем для ряда регионов лимитирующим фактором является наличие достаточного количества воды. Регион практически отрезан от влажных тропических воздушных масс и имеет самый высокий уровень изменчивости климата и погодных условий. Изменения состояния Северной Евразии модулируются, и вероятно будут модулироваться в будущем, внешними факторами воздействия на глобальную систему Земли.
- Обширные аридные регионы Северной Евразии включают уязвимые естественные и сельскохозяйственные экосистемы, которые зависят от ограниченных водных ресурсов и потенциально представляют собой источник огромных объемов пыли, загрязняющей территории на значительном удалении.

История землепользования региона и лежащие в ее основе социальные факторы являются уникальными для глобальной экологии, что создает редкую возможность оценки влияния

человеческого фактора на изменения экосистем и землепользования.

Каспийское море – это самое большое соленое озеро в мире, наибольшие поступления воды (~80%) в которое обеспечиваются рекой Волга. В 20-ом столетии на р. Волга был создан ряд водохранилищ, которые в совокупности с забором воды для орошения вызывали систематическое снижение уровня реки, что повлияло на уровень моря, и следовательно, на прибрежную зону, рыболовство, развитие населенных пунктов и транспорта. В течение 60 лет, как показано на расположенном внизу рисунке, наблюдался относительно стабильный уровень моря до конца 1970-х, который затем вырос до уровня, который мог бы иметь место при отсутствии антропогенной нагрузки. В 1950х-1980х годов естественный процесс временно развивался в обратном направлении за счет нерационального использования водных ресурсов в регионе. Недооценены экономические и экологические потери от потерпевших неудачу защитных мер для “сохранения моря”, таких как сооружение дамбы для отделения залива Кара-Богаз-Гол.



Изменения уровня Каспийского моря (Шикломанов 1976; Шикломанов и Георгиевский 2003).

Сравнение с Северной Америкой

Северная Америка и Северная Евразии во многих аспектах скорее дополняют друг друга, чем обладают сходствами. Основные факторы различия обусловлены географическими причинами, а именно: большой размер Евразии не позволяет атмосферным потокам полностью пересекать континент; горные хребты и плато

изолируют его северную часть от тропиков; различна и роль океанов в формировании климата обоих континентов. Географические различия обуславливают наличие уникальных экосистем с различными реакциями на внешние воздействия и уникальными факторами, меняющимися различным образом при глобальных изменениях. Человеческая деятельность привнесла и другие особенности на каждом из континентов. Синергизм указанных выше факторов создает, и по-видимому будет создавать в будущем, различные обратные реакции и общую картину экологических изменений. Поэтому необходимость понимания процессов, определяющих экологические изменения в северном полушарии, требует проведения всесторонних исследований на обоих континентах.

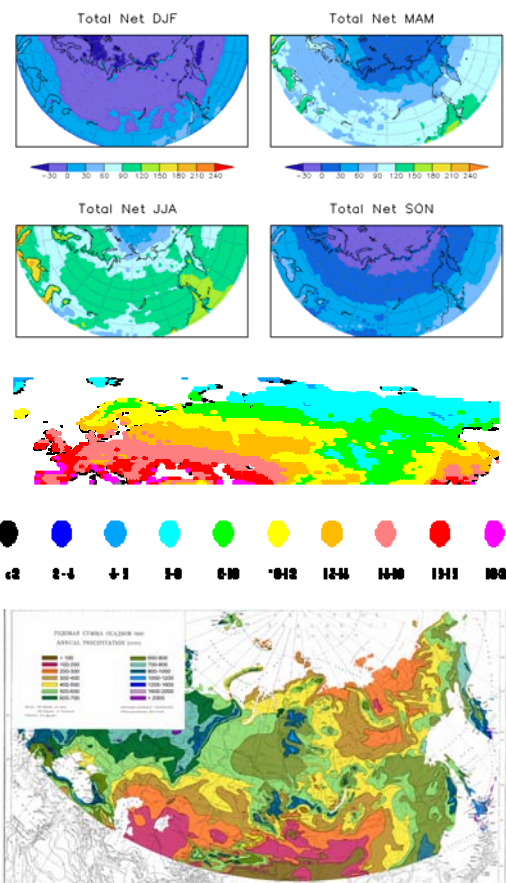
Интенсивность процессов

По сравнению с тропиками, абсолютные значения циклов энергии и воды в Северной Евразии относительно малы, а небольших вариаций в циклах достаточно, чтобы вызвать значительные возмущения. Небольшая интенсивность, но высокая изменчивость процессов затрудняет их наблюдения и изучение. Поэтому, для наблюдения за изменениями в Северной Евразии с той же точностью что и в других регионах (например, с использованием дистанционных методов), необходимо привлечение большего объема информации о вызывающих эти изменения процессах.

4. СТРАТЕГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НАУЧНЫХ ВОПРОСОВ NEESPI

Наземные экосистемы, как важнейший элемент земной поверхности, являются одним из основных компонентов биогеохимического цикла, влияя на его интенсивность и направленность. В современную эпоху существенное значение имеет антропогенная деятельность, приобретающая черты

геологической значимости. Поэтому, в Северной Евразии климатические процессы, экологические изменения, и состояние общества тесно взаимосвязаны и должны изучаться совместно на основе междисциплинарного подхода. Более того, многие процессы происходят на границах между природными зонами и экосистемами, что усиливает необходимость междисциплинарных исследований. Исходя из этого, исследования в программе NEESPI будут проводиться в кооперации с соответствующими региональными и глобальными программами.



Среднее сезонное значение бюджета суммарной поверхностной радиации, Вт м⁻² (Stackhouse et al., 2004; наверху). Годовое содержание водяного пара в атмосфере (поверхность при 300 гПа; Randel et al. 1996, в середине), и осадки, мм, в Северной Евразии (Корзун и др. 1974; внизу).

Стратегия исследований по программе NEESPI включает в себя следующее компоненты: сбор данных, включая наблюдения прошлых лет, оценка и мониторинг возникающих

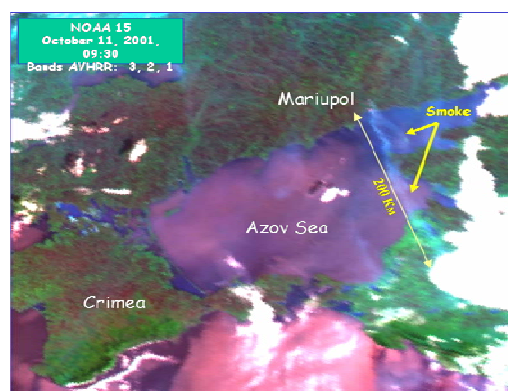
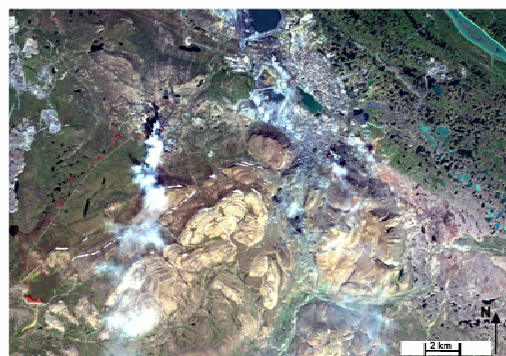
экологических изменений по данным спутниковых наблюдений, а также изучение их влияния на общество. Решение указанных задач будет осуществляться на основе широкого использования геоинформационных технологий и моделирования. Образовательная компонента также является важной составляющей программы NEESPI. Все эти направления тесно взаимосвязаны и в значительной мере перекрываются между собой.

Социальные исследования широко используются в современных оценках глобальных изменений. Социальные процессы в программе NEESPI рассматриваются как, имеющие *интерактивный характер*, и в значительной степени, формирующие настоящие и будущие изменения регионального и глобального масштаба. Одной из уникальных черт программы NEESPI является придание социальным исследованиям приоритета, равного по важности, исследованиям экологических и климатических процессов. Поэтому, **исследования взаимного влияния изменений окружающей среды и общества** являются важной составляющей программы NEESPI. Исследования социального характера сгруппированы в следующие пять основных направлений. Исследования здоровья и благополучия людей направлены на анализ взаимосвязей между экологией, климатом, урбанизацией, загрязнениями, социальными и политическими изменениями, а также состоянием человеческого общества. Они включают в себя исследования уязвимости и возможностей общества и экосистем адаптироваться к указанным изменениям, возможностей смягчения их влияния и выработки оптимальных решений.

Исследования состояния наземных экосистем направлены на оценку эффектов региональных и глобальных изменений (в частности загрязнений) на их биоразнообразие, продуктивность и устойчивость.

Исследования по управлению водными ресурсами и качеством воды позволят оценить, прошлое, настоящее и будущее потенциальное влияние антропогенной нагрузки на количество и качество потребляемой воды.

Исследования влияния изменений климата и окружающей среды на продуктивность сельскохозяйственных земель и лесов включают оценку обратных связей, с учетом социальной, экономической и политической составляющих.



Наверху. Деградация земель в районе Норильска. Внизу. Распространение дыма от металлургического завода в Мариуполе (Донбасс), 11 Октября, 2001.

Исследования природных катастроф позволяют оценить частоту и интенсивность экстремальных событий, масштабы лесных пожаров, а также других природных бедствий в регионе, угрозы населению и возможности общества по предотвращению этих угроз. Необходима также оценка вклада региональных пожаров в эмиссию парниковых газов и трансграничный перенос поступивших в атмосферу продуктов горения за пределы

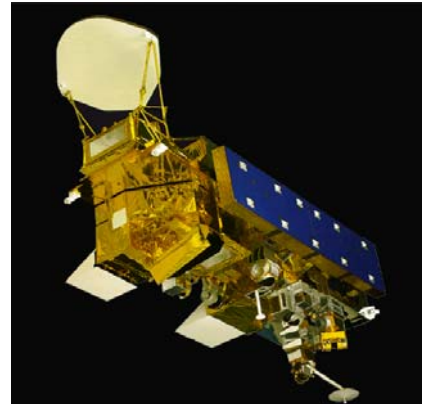
региона Северной Евразии. Исследования должны включать вопросы мониторинга, прогноза и реагирования, с тем чтобы повысить уровень информационной поддержки и подготовленности людей к ожидаемым экологическим эффектам различного характера.

Дистанционное зондирование

Одна из целей программы NEESPI состоит в оказании содействия разработке интегрированных глобальных систем наблюдения (IGOS). Системы такого рода смогут обеспечить мониторинг Северной Евразии с использованием спутниковых и информационных технологий, включающих сбор данных, обработку изображений, анализ пространственной информации и моделирование, распространение данных и интерфейсы пользователей. Имеется широкий набор спутниковых приборов, отвечающих нуждам различных приложений в Северной Евразии, в частности для мониторинга растительности, землепользования, береговой зоны, внутренних водоемов, снежного покрова, ледников и вечной мерзлоты, составляющих бюджета энергии и углерода, осадков, эвапотранспирации и водяного пара в атмосфере. Однако успешное применение методов дистанционного зондирования и разработанных алгоритмов анализа спутниковых данных требует понимания региональных процессов, а также использования наземной информации для валидации получаемых продуктов. Поэтому, валидация и разработка региональных алгоритмов будет являться важной составляющей программы NEESPI.

Наблюдения из космоса дают возможность количественной оценки многих, недоступных для получения другими способами, характеристик экосистем. Однако точность этих продуктов пока еще нуждается в улучшении на основе информации, получаемой из наземных наблюдений и/или ассимиляции данных в региональные модели. Расширение наземных сетей сбора данных в Северной Евразии,

развитие ведомственных и научных систем наблюдения может существенно улучшить ситуацию. Необходимо проведение специальных работ, направленных на получение валидированных алгоритмов интерпретации данных дистанционного зондирования в Северной Евразии.



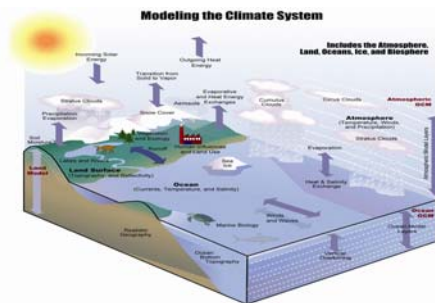
Спутник Aqua, NASA

Дистанционное зондирование необходимо для решения задач раннего предупреждения и обеспечения информацией для управления природными ресурсами, что особенно важно ввиду огромных размеров Северной Евразии, недостаточно хорошо покрытой сетью сбора данных наземных наблюдений. В настоящее время спутники NASA, NOAA, NASDA, ESA и РККА осуществляют мониторинг климата, окружающей среды и землепользования на планете. **Исследования в рамках программы NEESPI позволят проводить более качественную интерпретацию данных дистанционного зондирования в Северной Евразии на основе широкого привлечения информации из наземных систем наблюдений.**

Моделирование

В программе NEESPI представлены три основных функции моделирования (изучение процессов, восстановление недостающих данных наблюдений и прогноз). Для получения интегральных оценок протекающих процессов и их прогноза важно проводить моделирование на локальном, региональном и глобальном уровнях. Модельная компонента программы

NEESPI направлена на исследование процессов, контролирующих потоки энергии, воды и углерода в Северной Евразии, прямые и обратные эффекты изменений окружающей среды в регионе. Целью модельной компоненты является использование возможностей моделей для описания уже произошедших и прогноза будущих экологических и социальных изменений в Северной Евразии, оценки уязвимости региональных экосистем и общества.

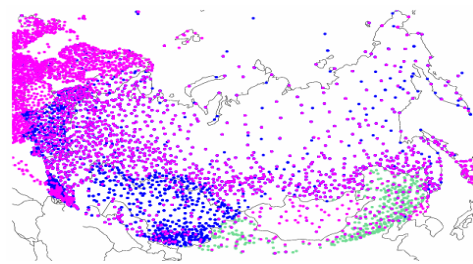


Компоненты климатической системы и связи между ними. Эти компоненты должны рассматриваться в совокупности, включая океан, атмосферу, земную поверхность, криосферу и биосферу (Karl and Trenberth 2003).

Трехуровневый подход (локальный, региональный и глобальный уровни) предполагает использование и/или разработку широкого спектра моделей, таких как модели атмосферного пограничного слоя, модели переноса в системе почва-растительность-атмосфера, модели вечной мерзлоты, модели загрязнения воздуха, региональные трехмерные модели атмосферы, региональные гидрологические модели высокого разрешения, модели первичных и вторичных сукцессий растительности, общие модели динамики растительности, глобальные климатические модели, социально-экономические и некоторые другие модели. Применительно к Северной Евразии с использованием моделей интегральной оценки, должны быть получены систематические интегральные оценки изменений окружающей среды в рамках квазизакрытых систем с механизмом включения управленческих решений в связи с глобальными изменениями.

Данные, информация и технологии

Научные направления NEESPI предъявляют уникальные требования к данным. В настоящее время накоплен огромный объем информации из различных источников. Вместе с тем пока еще отсутствует механизм инвентаризации, идентификации и осуществления доступа к этим данным для их интеграции в исследования по программе NEESPI. Первым необходимым шагом для преодоления этих трудностей является создание архива метаданных на основе каталогов существующих наборов данных в странах региона. Необходимо предпринять усилия для систематизации и распространения исторических данных и данных современных наблюдений, организации обмена информацией между участниками программы, не противоречащего ведомственным и национальным требованиям. Сохранение существующих уникальных программ наблюдений, плотности метеорологических, гидрологических и экологических наблюдений также является важнейшей задачей в Северной Евразии.



Метеорологические станции в Северной Евразии. Станции, обозначенные розовым цветом, включены в список ВМО.

Образовательная компонента

Для реализации программы NEESPI необходимо привлечение большого числа подготовленных ученых, работающих в области наук о Земле. Это может быть достигнуто за счет развития международных отношений и повышения возможностей сотрудничества, привлечения к исследованиям одаренных студентов, доступа ученых региона к современным технологиям и методам исследований, повышения квалификации уже имеющих опыт ученых. Наличие

образовательной компоненты относится к числу обязательных условий успеха программы NEESPI и диктует необходимость осуществления соответствующих шагов на различных уровнях, таких как начальная и

средняя школа, высшее образование, аспирантура и дальнейшее непрерывное профессиональное обучение.

Стратегия исследований по программе NEESPI включает развитие методов дистанционного зондирования, создание общего блока моделей экологических и социально-экономических процессов, климата, прогноза урожайности, процессов землепользования, связанных с данными наблюдений для решения научных задач в Северной Евразии. Основной целью программы NEESPI является предоставление обществу и лицам, принимающим решения, информации для обеспечения возможностей рационального планирования и реагирования, с тем, чтобы иметь возможность смягчения негативных и извлечения пользы из позитивных последствий изменений окружающей среды.

5. ЦЕЛИ И ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Ожидается, что в течение следующего десятилетия исследования в рамках Научного Плана программы NEESPI позволят получить следующие важные результаты:

- Разработать интегрированную базу данных наблюдений за состоянием окружающей среды Северной Евразии, включающую широкий набор продуктов, полученных по данным дистанционного зондирования
- Развить математические модели, описывающие основные процессы на территории Северной Евразии с учетом всех основных взаимодействий
- Создать наборы глобальных и региональных моделей, учитывающих характерные для региона связи и динамические процессы в наземных экосистемах, что позволит развить научное понимание и возможности прогноза будущих климатических и экологических изменений, а также обеспечить информационную поддержку решений по землепользованию и охране окружающей среды
- В кооперации между учеными и отраслевыми партнерами разработать информационные системы для решения задач раннего предупреждения / управления / смягчения последствий опасных для общества ситуациями в связи с пожарами, наводнениями, засухами и другими чрезвычайными природными явлениями

Группа подготовки Научного Плана NEESPI

Научные руководители проекта:

А.С. Исаев, Х.Х. Шугарт

Научные координаторы проекта (Редакторы Научного плана):

П.Я. Гройсман, С.А. Барталев

Ведущие авторы разделов Научного плана:

С.А. Барталев, К.М. Берген, В.Г. Бондур, Д. Кляйн, Е.Л. Генихович, А.Г. Георгиади, Н.Ф. Глазовский, В.И. Горный, П.Я. Гройсман, А.А. Гительзон, А.С. Исаев, К. Джагист, В.М. Катцов, Т.Е. Хромова, Е.А. Лупян, Н.В. Лукина, Дж.Г. Масек, Н.Г. Манярд, А.Д. МакГауер, А.В. Мещерская, И.И. Мохов, Д.С. Оджима, Р.А. Пилке-старший, В.Н. Розуаев, А. Робок, В.Е. Романовский, А.О. Селиванов, И.П. Семилетов, Х.Х. Шугарт, И.Н. Соколик, П.В. Стакхаус, Н.М. Чебакова, С.В. Вeneвский, С.В. Виктор, Н.Н. Выгодская.

Авторы, участвовавшие в подготовке Научного плана:

В.Б. Айзен, Е.М. Айзен, Г.В. Алексеев, О.А. Анисимов, Р.Г. Барри, Дж. Бэйтс, А.А. Чибилев, Н. Чубарова, С.Г. Конард, Д.В. Диринг, М.Б. Дюргер, Г. Фишер, В.Я. Георгиевский, В.Е. Гершензон, М.Е. Хармон, Р. Хейно, Г. Хенерби, Л.Д. Хинцман, Г. Иноуэ, Г.В. Калабин, Л.О. Карпачевский, Н.К. Киселева, А.В. Кислов, Л.М. Китаев, А.С. Комаров, Г.Н. Копчик, С.В. Копчик, Н.И. Коронкевич, В.М. Котляков, А.В. Козаринов, В.В. Козодеров, О.Н. Кранкина, А.Н. Кренке, Ю.А. Курбатова, Г.С. Куст, А.Г. Лапенис, Д.О. Логофет, В.М. Лыкосов, Ш. Максют, Р.Г. Мамин, С.С. Марченко, Ю.Г. Мотовилов, Т. Нильсон, Ю.Л. Объедков, Т. Охта, А.В. Ольчев, А.А. Онучин, В. Осипов, Г.Н. Панин, С. Приджен, К.Дж. Рэнсон, Дж. Родс, У. Россоу, С. Розенцвейг, А.В. Савинецкий, Т.С. Сазонова, К. Сето, Б.Г. Шерстюков, А.И. Шикломанов, Н.И. Шикломанов, И.А. Шикломанов, М.Е. Шлезингер, С.И. Шапоренко, А. Б. Шакин, А.З. Швиденко, А.А. Сирин, С.А. Сократов, А.Дж. Соя, Н.А. Сперанская, Ф. А. Сурков, Ю.Л. Цельникер, Ф. Тубиелло, Н.М. Вандышева, А.В. Варлагин, С.Э. Вомперский, Л. А. Ведешин, В. Вагнер, Р. Уолкер, М.С. Залогин, Д.Г. Замолодчиков, С.А. Журавин, А.Н. Золотокрылин

Страны:

Россия, США, Япония, страны Европейского Сообщества, Украина и Казахстан