

132 RAPPORTSERIE
NORSK POLARINSTITUTT

NorACIA

Arild Buanes, Jan Åge Riseth og Erik Mikkelsen

Tilpasning og avbøtende tiltak
Klimaendringer i norsk Arktis

NorACIA delutredning 5

133 RAPPORTSERIE
NORSK POLARINSTITUTT

NorACIA

Harald Loeng, Geir Ottersen, Martin-A. Svenning, Audun Stien

Effekter på økosystemer og biologisk mangfold
Klimaendringer i norsk Arktis

NorACIA delutredning 3

131 RAPPORTSERIE
NORSK POLARINSTITUTT

Arild Buanes, Jan Åge Riseth og Erik Mikkelsen

Effekter på folk og samfunn
Klimaendringer i norsk Arktis

NorACIA delutredning 4

NorACIA

Norwegian Arctic Climate Impact Assessment

Оценка последствий изменения климата в норвежском секторе Арктики

Резюме пяти докладов и сводный доклад

136 RAPPORTSERIE
NORSK POLARINSTITUTT

NorACIA
www.noracia.npolar.no



Eirik J. Førland (red), Rasmus E. Benestad, Frode Flatøy, Jan Erik Haugen, Ketil Isaksen, Asgeir Sorteberg og Bjørn E. Sørensen

Utvikling i Nord-Norge
Klimaendringer i perioden 1900-2020

NorACIA delutredning 1

134 RAPPORTSERIE
NORSK POLARINSTITUTT

NorACIA



Kim Holmén og Winfried Dallmann (red)

Fysiske og biogeokjemiske prosesser
Klimaendringer i norsk Arktis

NorACIA delutredning 2



KLIMAENDRINGER I NORSK ARKTIS

Konsekvenser for livet i nord



Kortrapport/Brief Report Series no. 018

NorACIA

Norwegian Arctic Climate Impact Assessment

Оценка последствий изменения климата в норвежском
секторе Арктики

Резюме пяти докладов и сводный доклад

The Norwegian Polar Institute is Norway's main institution for research, monitoring and topographic mapping in the Norwegian polar regions. The institute also advises Norwegian authorities on matters concerning polar environmental management.

Норвежский полярный институт является головным центром Норвегии по вопросам исследований, мониторинга и топографического картирования Арктики и Антарктики. Институт также консультирует органы власти Норвегии по вопросам природопользования в полярных регионах

Секретариат NorACIA
Норвежский полярный институт
Fram Centre NO-9296
Tromsø, Norway
noracia@npolar.no
www.npolar.no
www.noracia.npolar.no

©Norsk Polarinstitutt, Framsenteret, 9296 Tromsø. *Norwegian Polar Institute, Fram Centre, NO-9296 Tromsø*
www.npolar.no post@npolar.no

Редактор: Эллен Осет (Ellen Øseth), Норвежский полярный институт (НПИ)
Фото на обложке: Доклад НПИ №135 - Стейн О. Нильсен (Stein Ø Nilsen), tromsophoto.net, доклад НПИ №134 - Бьорн Фоссли Юхансен (Bjørn Fossli Johansen), НПИ, доклад НПИ №133 - Бьорн Франтцен (Bjørn Frantzen), НПИ, доклад НПИ №131 - Трюм Ивар Бергсмо (Трум Ivar Bergsmo), Samfoto, доклад НПИ №132 - Микаель Андерссон (Mikael Andersson), Samfoto, доклад НПИ №136 - Ойстейн Оверерейн (Øystein Overrein).
Оформление обложки: Ян Руальд (Jan Roald), НПИ
Перевод: Борис Кочетков
Выход в печать: Май 2010г.
ISBN: 978-82-7666-281-8
ISSN: 1504-3215

Предисловие

Проект NorACIA (Norwegian Arctic Climate Impact Assessment/«Оценка последствий изменения климата в норвежском секторе Арктики») был инициирован правительством Норвегии для дальнейшего изучения выводов проекта «Оценка последствий изменения климата в Арктике» (Arctic Climate Impact Assessment, ACIA), проводившегося Арктическим Советом. NorACIA будет способствовать развитию, консолидации и распространению текущих знаний об изменениях климата, его последствиях и адаптации к ним в норвежском секторе Арктики, т.е. северной Норвегии, Свальбарде¹ и Баренцевом море.

Работой проекта NorACIA руководит координационный комитет, в который входят представители Министерства окружающей среды (занимает пост председателя), Директората по природопользованию, Норвежского полярного института и Агентства по климату и предотвращению загрязнения окружающей среды. У проекта также есть секретариат, работу которого координирует Норвежский полярный институт.

В рамках проекта NorACIA основной упор делается на обмен информацией, выработке рекомендаций и проведении исследований, связанных с изменениями климата в норвежском секторе Арктики. Основная цель NorACIA – свести воедино новые и уже известные знания об изменении климата в норвежском секторе Арктики и взять их за основу для рассмотрения дальнейших действий, связанных с изменениями климата и их последствиями в этом регионе.

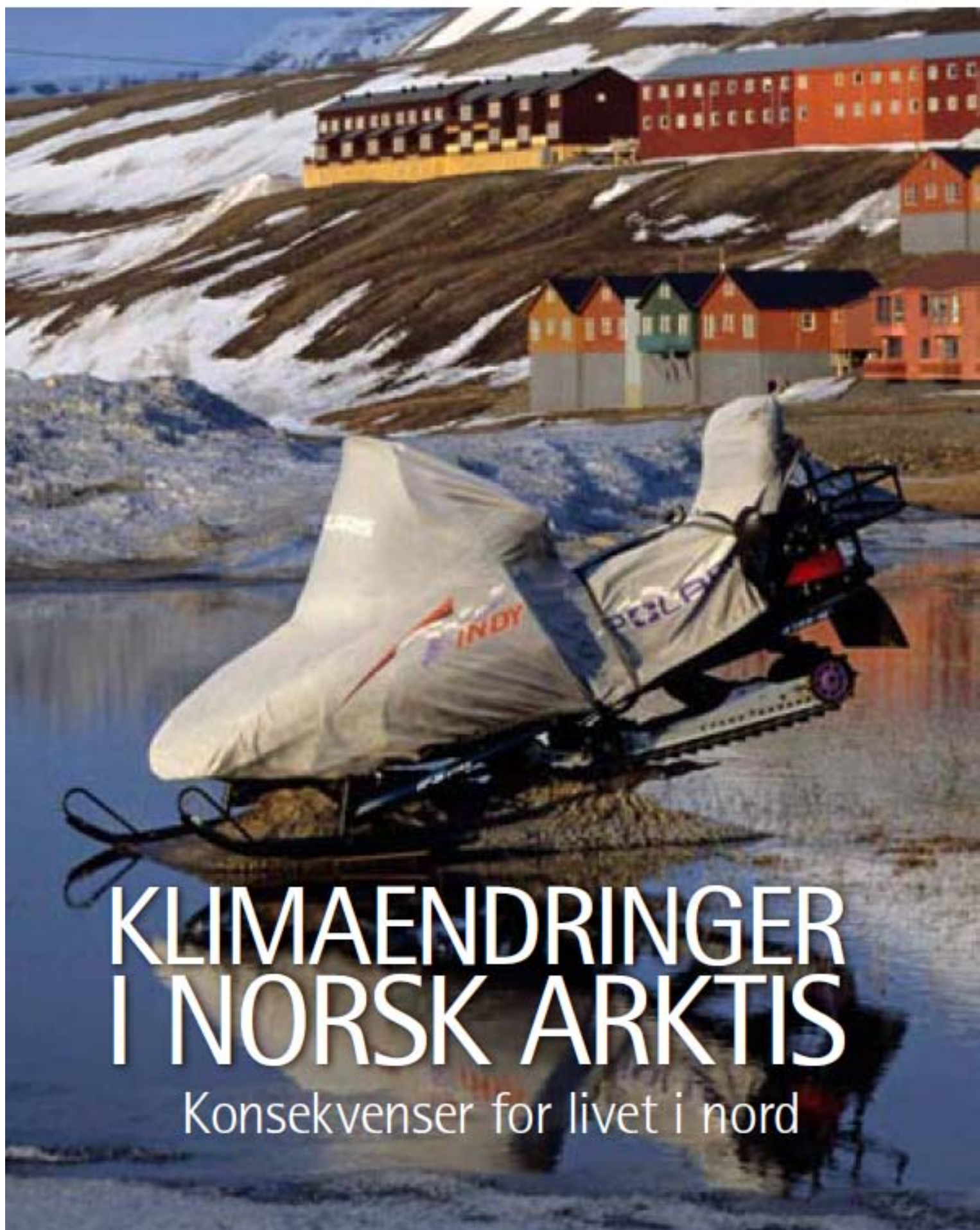
Результатом оценочных исследований в рамках программы NorACIA стали пять научных докладов, а также один, написанный общедоступным языком, сводный доклад. Научные доклады посвящены следующим темам:

- Сценарии изменения климата в норвежском секторе Арктики
- Физические и биогеохимические процессы
- Влияние на экосистемы и биоразнообразие
- Последствия для населения и общества
- Меры по адаптации и смягчению

В этой работе принимали участие многие исследовательские организации и административные органы. Работа над научными докладами и заключительным сводным докладом была завершена в 2009-2010 гг.

Данный доклад представляет собой резюме шести докладов – сводного и пяти отдельных научных докладов – переведенное на русский язык.

¹ Свальбард – норвежское название архипелага Шпицберген. Здесь и далее приведены норвежские названия самого архипелага и входящих в него островов.



KLIMAENDRINGER I NORSK ARKTIS

Konsekvenser for livet i nord

Резюме сводного доклада «Изменения климата в норвежском секторе Арктики – последствия для жизни на севере»

Изменения климата окажут влияние как на экосистемы, так и население северных регионов. Ниже представлено краткое изложение одиннадцати основных выводов проекта NorACIA (Norwegian Arctic Climate Impact Assessment/«Оценка последствий изменения климата в норвежском секторе Арктики») касающихся Свальбарда, северной Норвегии и прилегающих морских акваторий. Прогноз изменения будущего климата выполнен с помощью модельных расчетов. Однако механизмов, влияющих на климат, так много, и они настолько сложны, что нам никогда не удастся подробно и достаточно правильно рассчитать каждое воздействие, вызывающее изменения климата. Неопределенность, которая будет существовать всегда, не должно означать, что нам следует воздержаться от снижения эмиссии парниковых газов и подготовки к изменениям климата и их последствиям. Поэтому в данном отчете представлено описание возможных будущих событий и вероятных последствий на ближайшие 90 лет, основанное на знаниях, которыми мы располагаем в настоящее время.

Вывод №1: В норвежском секторе Арктике станет теплее и более влажно, но эти изменения будут распределены неравномерно

- К концу этого века среднегодовая температура воздуха к северо-востоку от Свальбарда может повыситься на 8°C. В материковой части Норвегии ожидаемое повышение температуры составит 2.5–3.5°C – потепление будет минимальным на побережье и максимальным на Финнмаркском плато (Finnmarksvidda). Повышение температуры будет наблюдаться во все сезоны года, но, по-видимому, оно будет максимальным осенью и зимой и бóльшим на суше, чем на море.
- Во всем регионе ожидается рост количества осадков во все сезоны, но более всего осенью и зимой. Однако этот рост будет значительно варьировать в разных частях региона. К концу этого века может значительно сократиться снежный период - на два месяца на побережье северной Норвегии и на месяц на Финнмаркском плато.
- Может возрасти частота экстремальных погодных явлений в виде сильных ветров и большого количества осадков.
- Таяние многолетнемерзлых грунтов происходит с бóльшей скоростью, чем оценивалось ранее, и за последние десять лет эта тенденция усилилась. В целом ожидается, что постепенное таяние вечной мерзлоты продолжится, но рост повторяемости очень высоких температур может стать причиной бóльшей неравномерности в ее деградации.

Вывод №2: Механизмы обратной связи усиливают глобальные изменения климата

- Поверхность льда и снега белая, и поэтому она бóльше отражает солнечной радиации, что противодействует потеплению. Повышение температуры приводит к таянию льдов и сокращению снежного периода, что, в свою очередь, способствует росту скорости потепления.
- Процессы таяния усиливаются при отложении сажи на лед и снег. На рынке существуют технологии, которые могут снизить выбросы сажи при производстве энергии, в промышленности и на транспорте, и это может замедлить изменения климата в краткосрочной перспективе.
- Облака оказывают влияние на климатическую систему Арктики, которое недостаточно изучено в настоящее время. Не существует достоверных оценок будущего облачного покрова в Арктике.
- Оценки последствий изменения климата на океанские течения и атмосферные системы недостаточно известны, и необходимы дополнительные исследования для понимания, того, как изменятся эти основные процессы глобальной климатической системы.

Вывод №3: Изменения климата делают Арктику более уязвимой для загрязняющих веществ и ультрафиолетового излучения

- Количество некоторых загрязняющих веществ в норвежском секторе Арктики растет, несмотря на значительное сокращение их выбросов в мире, и это может быть одной из причин изменения климатической системы.

- Перенос загрязняющих веществ в норвежский сектор Арктики по воздуху и океанскими течениями и их последующее отложение может увеличиться в зависимости от того, как будут изменяться механизмы переноса вместе с климатом.
- Загрязняющие вещества, содержащиеся в связанном виде, например, в многолетнемерзлых грунтах, ледниках и морских льдах, могут высвободиться, что приведет к повышению их концентрации в арктических реках, фьордах и озерах.
- Изменения климата в более низких широтах может привести к увеличению числа лесных пожаров, что может увеличить перенос по воздуху загрязняющих веществ в Арктику.
- Животные, которые уже находятся в условиях стресса, вызванного изменениями климата, такими как утрата ледового покрова, или голода, станут более уязвимыми для загрязняющих веществ.
- Арктические организмы чувствительны к ультрафиолетовому излучению. В настоящее время уже не происходит выбросов больших объемов газов, вызывающих истощение озонового слоя, и в 2003-2004 гг. впервые было зарегистрировано снижение концентрации важных озоноразрушающих газов над Свальбардом. Однако возвращение озонового слоя к уровню 1980 г. ожидается не ранее 2050-2070 гг.

Вывод №4: Площадь морских льдов уменьшается, угрожая зависимым ото льда видам

- Недавние исследования указывают на то, что площадь распространения морских льдов уменьшается быстрее, чем предсказывалось моделями, взятыми за основу в проекте ACIA (Arctic Climate Impact Assessment – «Оценка последствий изменения климата на Арктику») и четвертом оценочном докладе МГЭИК.
- Отсутствие морского льда само по себе ведет к более быстрому потеплению вследствие действия механизмов обратной связи, связанных с приходящей солнечной радиацией.
- С момента начала спутниковых измерений в 1979 г. наблюдается тенденция сокращения площади распространения морских льдов, которая в последние три года находится на историческом минимуме.
- В Баренцевом море и в Арктике, в целом, становится все меньше и меньше толстых многолетних льдов. Это усиливает таяние, поскольку тонкий однолетний лед тает быстрее.
- Таяние морских льдов может привести к потере биоразнообразия. Некоторые виды сильно зависят от морских льдов. В качестве примера можно привести ледовые водоросли, растущие подо льдом и во льду, тюленей, которым нужен лед для рождения потомства, белых медведей, которые питаются тюленями, и некоторые виды морских птиц, большая часть жизненного цикла которых связана со льдом.

Вывод №5: Океан становится теплее, и экосистемы изменяются

- Повышение температуры морской воды может привести к увеличению фито- и зоопланктона, но нет гарантии, что рыбы и другие существа смогут извлечь выгоду из этого дополнительного источника питания.
- Благодаря постоянному росту температуры воды в океане большее число теплолюбивых видов может распространиться в арктические регионы и вытеснить некоторые живущие там сегодня виды.
- *Calanus finmarchicus* является крайне важным видом для полярных морских экосистем, и повышение температуры воды грозит опасностью его вытеснения более южными видами, которые являются менее питательными источниками корма для рыб. Подобным же образом *Calanus finmarchicus* может заменить более жирные арктические виды зоопланктона в более северных районах и стать менее питательной кормовой базой, в том числе и для арктических видов рыб.
- Имеющие промысловую важность виды рыб, такие как треска и мойва, могут уйти дальше на север и восток и в российские воды.
- До сих пор морские экосистемы эволюционировали под воздействием естественных колебаний климата и приспосабливались к ним, и, похоже, что они вполне способны переносить эти колебания, если не произойдут резкие изменения. Если рост температуры будет выходить за пределы обычных колебаний климата, неопределенность относительно реакции и терпимости экосистем будет возрастать. Тем не менее, климат является лишь одним из нескольких факторов влияющих на экосистемы и определяющих суммарные последствия.

Вывод №6: Кислотность морской воды повышается, и кораллы могут вымереть

- Ожидается, что повышение концентрации CO_2 в атмосфере приведет в ближайшие 100 лет к такому повышению кислотности морской воды, какого не было в предыдущие 20 миллионов лет.
- Химический состав воды в океане меняется, что затрудняет продуцирование карбоната организмами с известковым скелетом, таким как кораллы. Большая часть глубоководных коралловых рифов в норвежских водах растут на глубинах, на которых химический состав воды к концу этого века может достичь критических значений.
- Ожидается, что из-за окисления морской воды организмы с известковым панцирем будут вынуждены сменить места обитания, или их ареал значительно сократится.
- В глобальном масштабе арктические моря являются наиболее чувствительными к такого рода изменениям.

Вывод №7: Зона лесов распространяется на север и на бóльшие высоты в горах

- Ожидается распространение березовых и хвойных лесов на север и на бóльшие высоты на непокрытых лесом горах и возвышенных плато. Рост продуктивности растений и продолжительности летнего сезона может привести к росту популяций травоядных видов.
- Повторяемость распространения вредителей на лесные массивы и леса может возрасти. Ожидается, что животные будут страдать от более частого распространения паразитов.
- Такое явление как «лемминговые годы» может прекратиться, и существа, питающиеся мелкими грызунами, такие как песцы и полярные совы, могут вымереть на севере Норвегии.

Вывод №8: Пресноводные экосистемы уязвимы к изменениям климата

- Ожидаемые изменения климата будут вызывать разные виды последствий на реках и озерах отчасти посредством изменения температуры воды, на многолетнемерзлых грунтах вокруг озер, на толщину льда в течение зимы, на состав снега и слои льда во льду, продолжительность ледового покрова, поступление питательных веществ с суши и возможных влияний ледников и паводков. Все это будет способствовать снижению устойчивости пресноводных экосистем.
- Изменения климата могут ограничить возможности миграции арктического гольца в район Свальбарда.
- Более мягкий климат в прибрежных районах северной Норвегии может привести к сокращению сроков ледового покрова на реках и росту случаев гибели молоди лосося. Однако повышение температуры воды в реках в летний период может привести к более активному его росту и таким образом повысить продуктивность лосося в реках.
- Повышение температуры морской воды открывает путь для миграции новых видов вверх по течению рек, например колюшки на Свальбарде.

Вывод №9: Инфраструктура на севере находится под угрозой

- Представляется, что влияние изменения климата на транспортный сектор будет иметь в основном негативный характер; возрастет опасность схода лавин и паводков и возникнут проблемы с обеспечением бесперебойного движения.
- Паводки, увеличение количества осадков и более экстремальная погода оказывают воздействие на коммунальные сети, такие как водопровод, канализация, и здания.
- Отсутствие льда в Северном Ледовитом океане в летний период открывает возможности для новых маршрутов морских перевозок, ожидается увеличение количества судов в районе Свальбарда и вдоль побережья Норвегии.
- Недавние исследования наводят на мысль, что можно ожидать бóльшего повышения уровня моря, чем прогнозировалось в докладе МГЭИК в 2007 г. Это может привести к повышению уровня моря на севере Норвегии от 40 до 95 см (с поправкой на поднятие суши) к концу века, что может сделать инфраструктуру на побережье более подверженной амортизации и разрушению, особенно во время штормовых нагонов.

Вывод №10: У природных отраслей появляются новые возможности и проблемы

- При условии адаптации к новым условиям, сельское хозяйство на севере Норвегии, вероятно, сумеет извлечь выгоду от изменений климата, если, например, появится возможность проводить сенокосы два раза за лето вместо одного.
- В настоящее время климатические условия в северных районах благоприятствуют органическому растениеводству, но рост температуры воздуха и влажности может повысить вероятность заболеваний и распространения паразитов.
- Ожидается сокращение площади территорий пригодных для выпаса оленей по мере сдвига верхней границы произрастания лесов на север и с высотой в горах, и это, среди многих других факторов, может привести к росту конфликта интересов в сфере землепользования. Помимо этого при колебаниях температуры около нуля олени могут не смогут добывать себе пропитание из-за обледенения, а повышение летних температур принесет дополнительные проблемы в связи с болезнями и распространением паразитов. В результате изменения климата пострадает как сама эта отрасль, так и саамская культура, связанная с оленеводством.
- Рыбной отрасли придется адаптироваться к изменению ареала рыбных запасов. Некоторые виды, например скумбрия, могут стать более распространенными в этих водах.
- Повышение температуры морской воды может принести пользу аквакультуре на севере Норвегии, поскольку в более теплой воде (до определенного предела) рыба растет быстрее. В более южных районах Норвегии вода может стать слишком теплой, например для лосося. Повышение температуры может также сделать рыбу более уязвимой для болезней и распространения паразитов.

Вывод №11: Общество может, и должно будет адаптироваться

- Таяние морских льдов в Арктике открывает возможности для новых видов коммерческой деятельности и новых маршрутов перевозки грузов. Возникнет потребность в большем регулировании хозяйственной деятельности в северных морях, повышенном внимании к вопросам выброса загрязнений и потенциальных аварий, повышенной готовности к чрезвычайным ситуациям. Увеличение объема морских перевозок может привести к дополнительной нагрузке на экосистемы и виды уязвимые к изменениям климата.
- Повышение температуры, подъем уровня моря, увеличение количества осадков и вызванная в связи с этим повышенная опасность схода лавин и паводков означают, что объекты инфраструктуры на севере Норвегии, такие как автомобильные и железные дороги, аэропорты, системы водоснабжения и канализации, линии электропередач, здания и сооружения должны быть подготовлены к новым климатическим условиям.
- При условии соответствующей адаптации сельское хозяйство может успешно использовать изменения климата для увеличения производства на севере Норвегии.
- Районы рыбного промысла могут сместиться с уходом рыбы на север и восток, а новые виды, возможно, станут объектами промышленного лова.
- Более раннее начало снеготаяния повлияет на привычные пути миграции оленей. Общее влияние на оленеводство может вызвать изменения, как в землепользовании, так и в структуре оленьих стад.
- Промыслы саамов (олeneводство, прибрежное рыболовство, сельское хозяйство) играют важную роль в качестве основы саамской культуры. Сильная взаимосвязь между промыслами и культурой означает, что изменения климата и их последствия будут оказывать значительные стрессы на культуру саамов, а их адаптация будет особенно сложной.

Рекомендации для лиц принимающих решения

Сложно принимать правильные решения в ситуации, характеризующейся рядом неопределенных факторов. Однако мы знаем, что климат уже изменился, и мы много знаем о его изменениях в будущем и возможных последствиях. Более того, долговременность инфраструктуры и медленные изменения в структуре общества и занятости означают, что во многих областях необходимо действовать уже сейчас, чтобы быть готовыми к ожидаемым изменениям климата. В будущем работа, связанная с изменениями климата в норвежском секторе Арктики, должна учитывать, кроме всего прочего, следующее:

- Первым и наиболее важным и серьезным фактором, определяющим изменения климата в норвежском секторе Арктики, является эмиссия парниковых газов в других регионах. В то же время физические последствия изменения климата в Арктике оказывают влияние на всю планету. Загрязнение, которое происходит непосредственно в Арктике, например, выбросы сажи, может также оказывать влияние на климат Арктики. Помимо необходимости снижения мировых источников эмиссии, существует потребность обратить внимание на локальные источники в соседних регионах.
- Существует возможность снижения выбросов сажи, как в регионе, так и в мире в целом, и замедления изменения климата в краткосрочной перспективе, но эти меры не заменят потребности в значительном снижении глобальной эмиссии парниковых газов с целью ограничения и предотвращения долговременных изменений климата.
- Увеличение объема перевозок и экономической активности в Арктике является практически осуществимой мерой адаптации к изменениям климата, но это также может усилить изменение климата, например, вследствие эмиссии парниковых газов и выброса сажи.
- Необходимо обеспечить условия, при которых может правильно учитываться рост хозяйственной деятельности в Арктике, вызванный более легким доступом в регион. Необходимо снижать загрязнение, вызванное этой деятельностью, а также усилить мониторинг и повысить готовность к непредвиденным обстоятельствам для исключения крупных экологических катастроф, вызванных авариями в прибрежных районах и открытом море.
- Изменения климата делают Арктику более уязвимой как для известных, так и новых загрязняющих веществ. В связи с этим существует растущая потребность осуществления мониторинга за влиянием загрязняющих веществ. В настоящее время в мире снижаются выбросы известных загрязняющих веществ, и постоянно вводятся правила, касающиеся новых загрязняющих веществ. Несмотря на это приток загрязняющих веществ в Арктику может вырасти, в результате изменения климата. Необходимо рассмотреть более строгие правила, регулирующие глобальные эмиссии и выбросы загрязняющих веществ, особенно тех регулирование которых в настоящее время является недостаточным.
- Необходимо обеспечить комплексный мониторинг трендов основных климатических параметров, состава атмосферы и экосистем на севере Норвегии, Свальбарде и в окружающих морях. Без этого будет сложно картировать изменения климата и понять их последствия..
- Следует пересмотреть природоохранную политику с целью установления связи между особо охраняемыми природными территориями (ООПТ), находящимися на побережье, в долинах и в горных районах. Такие ненарушенные ООПТ обеспечивают более легкие пути расселения видам животных, которые должны адаптироваться к изменениям климата.
- В некоторых областях необходимо начать выполнение задач, связанных с адаптацией к изменениям климата. Хотя мы не обладаем детальными сведениями о том, как климат будет изменяться в будущем, у нас есть достаточно хорошая основа для начала адаптационного планирования в обществе. Адаптационные мероприятия могут начаться особенно быстро в тех областях, где мы хорошо знаем, что последствия могут быть значительными, если мы не начнем реализацию мер уже сейчас, например, путем развития и модернизации инфраструктуры. Адаптация не приводит к замедлению изменений климата, но если не вводить контрмеры, общество может столкнуться с проблемами, которые адаптация не сможет решить.

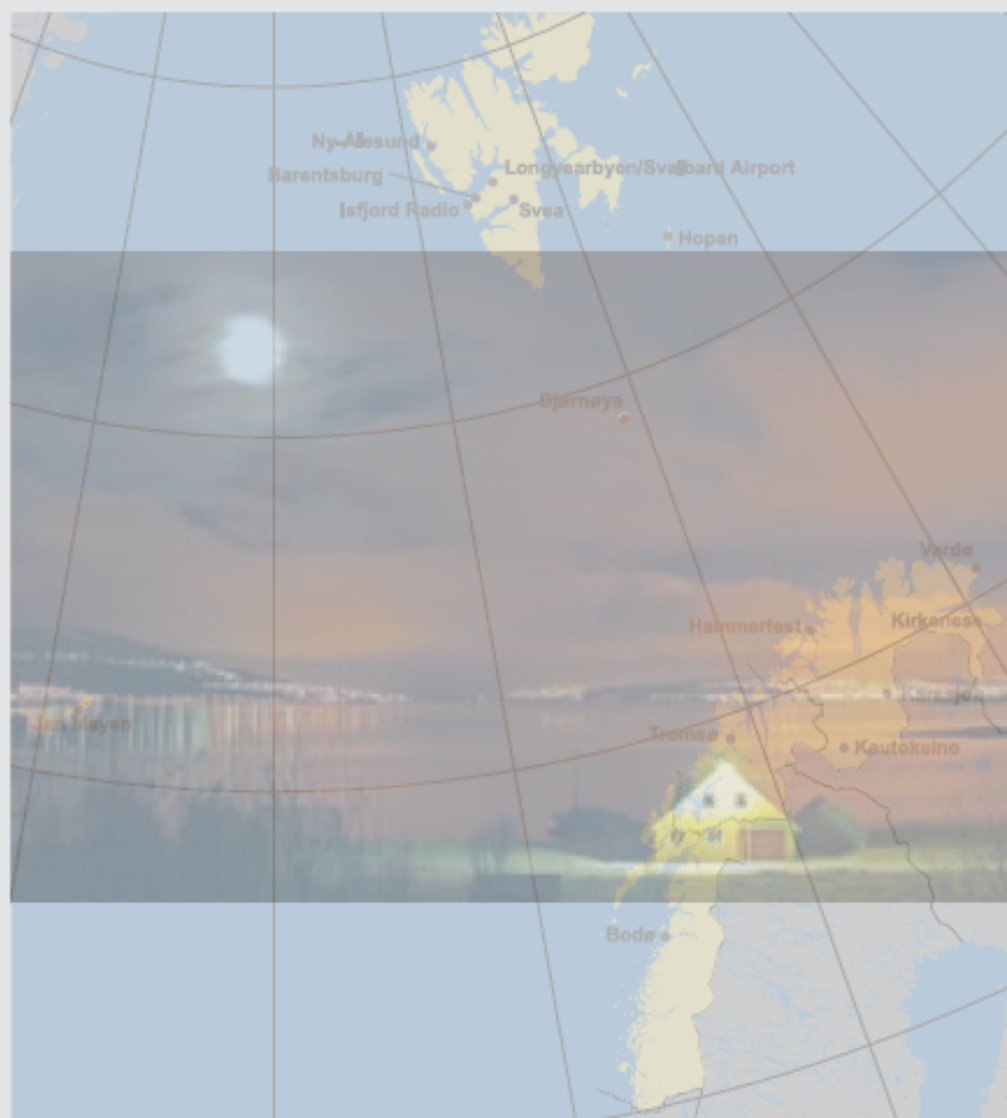
- Таяние вечной мерзлоты, увеличение количества осадков, лавин, паводков и экстремальных погодных явлений будут оказывать давление на существующую инфраструктуру. Будущие изменения климата должны быть взяты за основу при планировании, ремонте и строительстве всех новых объектов инфраструктуры.
- Существует возможность устранить пробелы в современных знаниях по многим вопросам. Необходимо выделить достаточные ресурсы на исследования для повышения знаний об изменениях климата и их последствиях.
- При оценке проблем и новых возможностей, которые принесут изменения климата в будущем, необходимо использовать знания местного и коренного населения. Это поможет лучше понять последствия изменения климата и их масштаб, к которым следует адаптироваться.

Eirik J Førland (red), Rasmus E Benestad, Frode Flatøy, Inger Hanssen-Bauer, Jan Erik Haugen, Ketil Isaksen, Asgeir Sorteberg og Bjørn Ådlandsvik

Klimautvikling i Nord-Norge og på Svalbard i perioden 1900–2100

Klimaendringer i norsk Arktis

NorACIA delutredning 1



Резюме доклада «Изменение климата на севере Норвегии и архипелаге Шпицберген в 1900-2100 гг. Климатические изменения в норвежском секторе Арктики»

Введение

За последние два-три десятилетия потепление на материковой части Арктики было бóльшим, чем в любых других регионах Земли, и за этот же период площадь морских льдов сократилась примерно на 10%. Климат Арктики подвержен значительным межгодовым и многолетним колебаниям. Теплый период, почти такой же, как и нынешний, наблюдался в Арктике с 1925 по 1945 гг, но тогда он не был глобальным.

Согласно заявлению МГЭИК (2007), существует большая вероятность того, что повышение глобальной температуры с середины XX века вызвано, по большей части, наблюдаемым увеличением концентраций антропогенных парниковых газов, и что за последние 50 лет, по-видимому, произошло значительное потепление антропогенного характера на всех континентах за исключением Антарктики.

Климатические модели также показывают, что антропогенное глобальное потепление будет усиливаться в высоких северных широтах в результате действия сложных механизмов с обратными связями в системе атмосфера – океан – лед. Наблюдаемые в Арктике изменения климата уже оказали значительное влияние на окружающую среду и экономическую деятельность. Если потепление продолжится в соответствии с сценарными прогнозами, то следует ожидать усиления этого влияния, которое отразится на экосистемах, культуре, образе жизни и экономике всей Арктики. Климат Арктики является комплексной системой, которая сложным образом взаимодействует с глобальной климатической системой. Поэтому велика вероятность того, что изменения арктического климата оказывают значительное влияние на глобальную климатическую систему. Любое региональное исследование по оценке причин изменения климата в Арктике должно принимать во внимание важность естественной изменчивости. В модельных расчетах климата сигнал, возникающий в результате антропогенного потепления в Арктике, является большим по величине, но большой также является и естественная изменчивость (шум). Из этого следует, что отношение сигнала к шуму в Арктике может быть меньшим, чем в более низких широтах. Другим важным вопросом при исследованиях в Арктике являются недостаток данных измерений и трудности их получения.

Климат в норвежском секторе Арктики в настоящее время

Норвежское и Баренцево моря являются исключительно теплыми для своих широт. В Норвежском море лед отсутствует за исключением только самой его северной части, в проливе Фрама. Лед также отсутствует в той части Баренцева моря, куда поступают воды из Атлантики, но большая часть Арктики имеет сезонный ледовый покров. В настоящее время в Баренцевом море в летний период льда практически нет, кроме небольшого участка на северо-востоке. Площадь ледового покрова, однако, подвержена значительным межгодовым колебаниям.

Для прибрежных районов северной Норвегии характерна довольно мягкая зима и прохладное лето, в то время как во внутренних районах доминирующую роль играет континентальный климат с низкими зимними и высокими летними температурами. Метеостанции на Свальбарде показывают морской климат (относительно мягкий и влажный) в те годы (или периоды), когда море вокруг станций свободно ото льда. Когда станции окружены льдом, климат становится континентальным (холодным и сухим), потому что морской лед изолирует воздух от источников скрытого и явного тепла с поверхности моря, а также отражает большую часть солнечного излучения. Таким образом, температуры в высоких арктических широтах подвержены значительным межгодовым колебаниям.

На севере Норвегии наблюдаются большие перепады годовых сумм осадков. Самые высокие годовые суммы приближаются к 3000 мм. и регистрируются на метеостанциях расположенных в южной части округа Нурланд, в то время как на некоторых станциях, расположенных во внутренних районах северной Норвегии, регистрируемые годовые суммы осадков составляет меньше 300 мм. В районе Свальбарда годовые осадки малы, поскольку воздушные массы обычно

характеризуются устойчивой стратификацией и содержат малое количество водяного пара. На о. Шпицберген² наблюдается перепад в осадках от относительно больших значений на юго-западе до малых на северо-востоке.

Изменчивость климата и тренды в XX веке

Недавнее глобальное потепление является повсеместным, достигая своего максимума в северных широтах. В прошлом веке средняя приземная температура в Арктике повышалась примерно на 0,09 °C за десятилетие, и характер ее изменений соответствует глобальному тренду (т.е. рост до середины 40-х годов, затем снижение до середины 60-х, а затем резкий рост со скоростью 0,4 °C за десятилетие). Следует подчеркнуть, что теплый период в Арктике, почти такой же, как и текущий, наблюдался с конца 20-х до начала 50-х годов XX века.

За последние 100 лет на севере Норвегии произошло значительное повышение годовой температуры - линейный тренд составил примерно 0,1 °C за десятилетие. Четко выделяется теплый период в 30-х годах XX века. Во всех районах северной Норвегии за исключением Финнмаркского плато регистрируются значительные положительные тренды температуры в весенний, летний и осенний периоды. По данным высокоширотных арктических станций установлена изменчивость температуры с периодом несколько десятилетий - в основном положительный тренд до 1930-х, более теплый период в последующие два десятилетия, падение температуры с 1950-х до 1960-х и общее ее повышение после этого.

В районе г. Лонгйир (о. Шпицберген) среднегодовая температура в период с 1912г. по настоящее время значительно повысилась. Величина линейного тренда для средней годовой и средних сезонных температур воздуха (°C за 10 лет) в районе аэропорта Свальбарда (г. Лонгйир) за период наблюдений с 1912 по 2007 гг. составила +0,22 °C (среднегодовая), +0,21 °C (зима), +0,45 °C (весна), +0,10 °C (лето) and +0,16 °C (осень). Все сезонные тренды, кроме зимнего, являются статистически значимыми, по крайней мере, на уровне 5%.

Наблюдения указывают на вероятное увеличение годовой суммы осадков в Арктике к северу от 60° с.ш. в прошлом столетии. На севере Норвегии, за исключением полуострова Варангер, за последние 100 лет годовые осадки увеличивались примерно на 2% за десятилетие. Все временные ряды норвежских высокоширотных арктических станций свидетельствуют об увеличении годовых осадков в течение всего периода наблюдений. В районе аэропорта Свальбарда годовые осадки увеличивались в среднем на 2% за десятилетие, в то время как на о. Медвежий их рост составил 3% за десятилетие.

За последние два-три десятилетия температура самого верхнего слоя вечной мерзлоты (~2 м) в Янссонхауген, возле г. Лонгйир, повышалась в среднем на 0,7 °C за десятилетие. Повышение температуры на глубине 30 м составило примерно 0,35 °C за десятилетие и 0,05 °C на глубине 60 м. Анализы также показывают, что повышение температуры вечной мерзлоты ускоряется, особенно в последнее десятилетие. Принимая во внимание скорость происходящих в Арктике изменений, включая рост повторяемости экстремальных температур, потепление вечной мерзлоты в будущем может быть скорее нерегулярным по времени, чем регулярным.

Появление циклонов в Арктике является обычным явлением. Количество отдельных циклонов достигает примерно 140, а среднее время пребывания составляет 2,6 суток. Наблюдается тенденция роста, как средней интенсивности, так и интенсивности наиболее глубоких циклонов, приходящих в Арктику из Гренландского или Норвежского морей. Индекс циклонической активности вырос в каждом сезоне, показав годовой рост на 27% за период с 1950 по 2006 гг.

Данные наблюдений морского ледового покрова с 1970-х годов по настоящее время свидетельствуют о сокращении площади морских льдов по всей Арктике и в Баренцевом море, в особенности. В докладе ACIA сообщалось, что средняя протяженность морских льдов в Арктике, вероятно, сокращается в течение, по крайней мере, 40 лет. Временные ряды свидетельствуют о значительном сокращении ледового покрова в апреле. Сокращение площади летних льдов

² Норвежское название о. Западный Шпицберген

является еще более заметным. После 2000 г. уже четыре раза наблюдалось по существу отсутствие льда в летний период. Данных о толщине льда меньше, но временные ряды станции, расположенной на о. Хопен, свидетельствуют об уменьшении толщины льда за 40-летний период.

Сценарные прогнозы изменений климата в XXI веке

Наиболее сложным средством для расчета изменений климата являются совместные модели общей циркуляции системы атмосфера и океана (МОЦАО/AOGCM), которые включают в себя динамическое описание атмосферных, океанских и морских ледовых процессов и процессов на земной поверхности. В настоящее время разрешение МОЦАО является достаточным для моделирования большинства крупномасштабных характеристик климата, но в целом оно, как правило, является слишком малым для моделирования климата регионального или локального масштабов. Когда требуются более подробные климатические данные, результаты МОЦАО приходится подвергать регионализации при помощи динамических (региональная климатическая модель) или эмпирико-статистических методов. В рамках проекта NorACIA были использованы оба эти подхода.

Модельные расчеты глобального климата показывают, что с учетом сценариев эмиссии A2 и B2 к концу XXI века температура приземного воздуха в Арктике вырастет на 7 °C и 5 °C, соответственно. Наибольшее потепление будет отмечаться осенью и зимой. Согласно мультимодельному ансамблю, использованному в сценарных прогнозах регионального климата МГЭИК (2007 г.), среднегодовая температура в Арктике к концу XXI века повысится на 5 °C.

Описание ледовых условий в норвежском секторе Арктики в настоящее время и в будущем существенно отличается в разных глобальных и региональных климатических моделях, что в результате приводит к значительной неопределенности расчетов изменений климата в Арктике. Региональная климатическая модель NorACIA-RCM, в целом, дает реальное описание текущих климатических условий на севере Норвегии и в районе Свальбарда. Полагая, что сценарные данные достоверны, модель, по-видимому, также дает адекватное описание будущих климатических условий. Однако в настоящее время только для некоторых глобальных климатических моделей выполнена регионализация с помощью NorACIA-RCM..

Результаты модельных расчетов по NorACIA-RCM на период до 2050 г. указывают на повышение среднегодовой температуры примерно на 1 °C в прибрежных районах округов Нурланд и Трумс, и на 1.5-2.0 °C в восточной части округа Финнмарк и к юго-западу от о. Шпицберген. Наблюдается значительный перепад роста температуры от юго-запада до северо-востока архипелага Свальбард. Такая картина получена во многих сценариях. Прогнозируемое снижение площади ледового покрова окажет значительное влияние на температуру в нижних слоях атмосферы.

Согласно результатам моделирования потепление в период с 1961-1990 гг. по 2071-2100 гг. будет более сильным, чем в период до 2050 г. На большей части северной Норвегии ожидается повышение температуры на 2,5-3,5 °C. Повышение будет наименьшим в западных прибрежных районах и максимальным в районе Варангер и во внутренних районах округа Финнмарк. На Свальбарде ожидается рост средней годовой температуры примерно на 3 °C на юго-западе и примерно на 8 °C на северо-востоке. Согласно прогнозам потепление будет наименьшим в летнее время и максимальным осенью и зимой. Особенно это справедливо для внутренних районов. Значительное повышение температуры воздуха также ожидается на акватории между Свальбардом и Новой Землей, особенно в период с сентября по май. Повышение будет максимальным там, где вместо морских льдов будет открытая вода.

Расчетные климатические сценарии в рамках проекта ACIA показали, что годовая сумма осадков в Арктике (60-90 ° с.ш.) в 2071-2090 гг. увеличится примерно на 12% по сравнению с 1981-2000 гг. Согласно МГЭИК (2007). существует большая вероятность увеличения годовых сумм осадков в высоких широтах. Относительный рост будет максимальным зимой и минимальным летом, что согласуется с ожидаемым потеплением.

На значительной части северной Норвегии предполагаемое увеличение годовых сумм осадков с 1981-2000 гг. по 2021-2050 гг. составит 20-30%, в то время как на северо-востоке о. Шпицберген осадки возрастут до 40%. Ожидается рост осадков во всем регионе и во все сезоны, при этом максимальное увеличение будет наблюдаться зимой и весной. Однако следует подчеркнуть, что в

настоящее время количество осадков зимой в рассматриваемом регионе очень мало и это означает, что, несмотря на относительно большой рост, в абсолютных цифрах он может составить всего лишь несколько миллиметров.

Результаты расчетов климата по сценариям ACIA говорят о том, что в Арктике продолжится сокращение снежного покрова и оно будет максимальным весной и осенью. За последние 30 лет распространение снежного покрова в высоких северных широтах сократилось примерно на 10%. Расчеты показывают, что до конца этого века снежный покров сократится еще на 10-20%, значительно сократится и его продолжительность в северной Норвегии. Наибольшее сокращение (больше чем на два месяца) ожидается в прибрежных районах, в то время как во внутренних районах (Финнмаркское плато) оно составит меньше месяца. С другой стороны, во внутренних районах Финнмарк, горных районах и на значительной части Свальбарда может наблюдаться увеличение максимального водного эквивалента. Причиной является то, что, хотя при более теплом климате снежный период в этих районах будет короче, это будет компенсироваться значительным увеличением осадков в виде снега зимой.

Регионализация изменения ветровых характеристик не позволяет получить надежных оценок и это приводит к значительной неопределенности. Модельные расчеты средней суточной максимальной скорости ветра на период 1980-2050 гг. при помощи региональной климатической модели NorACIA-RCM указывают на небольшие изменения летом и увеличение к северу и востоку от Свальбарда в другие сезоны. В северной Норвегии до конца XXI века также ожидаются относительно небольшие изменения. Однако к северу и востоку от Свальбарда ожидается более чем 10-процентное увеличение средней суточной максимальной скорости ветра зимой. Это связано со значительным сокращением площади морских льдов в этом районе, на которое указывают модели. Расчеты изменения максимальной скорости ветра при помощи модели NorACIA-RCM показывают, что значения, превосходящие 95-й процентиль, будут наблюдаться чаще в будущем. Самый большой рост (повышение повторяемости в 1,5-2 раза по сравнению с текущим уровнем) ожидается на территории между о.Шпицберген и Новой Землей.

Для интенсивных осадков продолжительностью сутки в качестве индикатора было выбрано превышение на 5% (95-й процентиль). Результаты показывают, что на большей части территории в конце этого века 95-й процентиль будет превышать в 1-1,5 раза чаще, чем при текущем климате. Также во всем регионе ожидается увеличение числа дней с осадками более 20 мм. Однако за исключением некоторых районов округа Нурланд, количество дней с большим количеством жидких осадков будет по-прежнему весьма малым на большей части региона.

Расчеты числа дней с большим количеством осадков в виде снега (более 10 см в день) указывают на их уменьшение в прибрежных районах северной Норвегии и юго-западных районах Свальбарда, и на увеличение в континентальной части северной Норвегии и северных районах Свальбарда.

Результаты пилотных исследований с использованием модели NorACIA-RCM привели к выводу, что вероятность возникновения полярных циклонов у побережья Норвегии снизится.

Для моделирования режимов в Северном Ледовитом океане и в Баренцевом море использовалась региональная океаническая модель. Для контрольного прогона текущего климата был взят период с 1986 по 2000 гг. с учетом сценария A1B на период 2051-2065 гг. Контрольный прогон дал хорошие результаты для западной части Баренцева моря. Однако на востоке расчеты показали большую потерю тепла океаном. Средние температуры воды в сентябре на глубине 50 м увеличились в рассматриваемом районе на 0,9 °C. Проблема со льдом в контрольном прогоне показала нереалистичное потепление в восточной части Баренцева моря. В западной части потепление составило менее 1 °C. Применение регионализации показывает на незначительное ослабление притока вод из Атлантики в Баренцево море с примерно таким же переносом тепла.

В XXI веке ожидается повышение уровня Мирового океана, вызванное в основном таянием ледников и термическим расширением морской воды. Изменения циркуляции атмосферы и океана влияют на средний уровень моря регионально. Недавние оценки указывают на повышение уровня моря на побережье Трумс и Финнмарк на 10-20 см к 2050 г. и на 50-70 см к 2100 г. Эти оценки даны с учетом поправки на поднятие суши.

Для оценки будущего изменения волнового режима применялся метод регионализации. На акваториях, которые сейчас в зимний период покрыты льдом, но будут свободны ото льда в будущем, волновой режим будет более беспокойным. В остальном изменения будут незначительными. Не прослеживаются значительные изменения режима штормового нагона, в целом, за год, но существует значительное увеличение штормовых нагонов в осенний период. Однако вместе с ростом среднего уровня моря влияние штормовых нагонов может стать более серьезным.

Важно помнить, что оценки изменений регионального и локального климатов содержат много неопределенностей и недостатков:

- Непредсказуемая внутренняя естественная изменчивость (которая особенно значительна в скандинавской части Арктики)
- Неопределенность механизмов внешнего воздействия на климат
- Несовершенство климатических моделей
- Недостатки методов регионализации

Kim Holmén og Winfried Dallmann (red)

Fysiske og biogeokjemiske prosesser

Klimaendringer i norsk Arktis

NorACIA delutredning 2



Резюме доклада «Физические и биогеохимические процессы. Изменения климата в норвежском секторе Арктики»

Физические обратные связи

Изменения климата антропогенного характера окажут на Арктику большее влияние, чем на другие регионы Земли. Основной причиной этого является простая физическая обратная связь: при таянии снега или льда поверхность становится более темной и таким образом поглощает больше солнечной энергии, что ведет к дальнейшему потеплению и таянию.

Физические обратные связи играют основную роль в климатической системе Земли. Их необходимо понимать, чтобы иметь возможность предсказать будущий климат. Климатические модели учитывают некоторые из этих процессов, но в реальной жизни многие процессы описаны сравнительно неполно. Это частично связано с недостатком знаний, но также и с тем, что многие известные процессы протекают на пространственных масштабах, которые модели не могут удовлетворительно описать. Для определения верхнего предела того, что может произойти в будущем, используются упрощенные модели.

Полное физическое взаимодействие климатической системы показывает как будет изменяться будущая крупномасштабная циркуляция атмосферы и океана. Когда потепление Арктики происходит быстрее, чем других регионов Северного полушария, разность температуры между полярными регионами и средними широтами будет уменьшаться, изменяя тем самым условия для всей системы атмосферной циркуляции. Абсолютно необходимо понимать изменения в этом пространственном масштабе, чтобы иметь возможность рассматривать детальные изменения процессов на региональном или локальном масштабах. Сценарии с помощью NorACIA были разработаны с использованием ограниченного числа крупномасштабных экспериментов и поэтому требуют осторожной интерпретации в качестве примеров, а не иллюстраций полного диапазона возможного развития событий. Обсуждения в рамках NorACIA необходимо рассматривать с учетом того, что наше понимание влияния широкого диапазона обратных связей на изменения климата ограничено.

В данном докладе приводится описание и обсуждаются важные физические обратные связи, которые могут оказывать значительное влияние на локальный и региональный климат. Особое внимание уделяется процессам, которые важны для норвежского сектора Арктики.

Океаны

Будущие изменения в норвежском секторе Арктики главным образом связаны с возможными изменениями в Баренцевом море, которые будут создавать разные предпосылки для образования морских льдов в регионе и формирования погоды на севере Норвегии и на Свальбарде. Приток относительно теплых вод из Атлантики оказывает влияние на все Баренцево море и создает условия для изменения ледового покрова и, конечно, для удовлетворения насущных потребностей многих промысловых видов и морских экосистем. Температура воды в Баренцевом море является важным фактором, определяющим ветровой режим и погоду в регионе. Положение полярного фронта определяет район где сосредоточена большая часть биологической продуктивности и где формируются морские температурные контрасты. Его положение в западной части Баренцева моря, по-видимому, в значительной степени определяется топографией морского дна, и поэтому пока остается устойчивым. Следует признать, что мы слишком мало знаем об условиях, при которых полярный фронт мог бы сместиться за пределы этих топографических барьеров. В то же время существует пороговое воздействие, при котором могут произойти внезапные и значительные изменения, если теплые воды продолжают свое движение дальше на север от острова Медвежий. Полярный фронт на востоке является более изменчивым и с потеплением климата будет двигаться на север, создавая таким образом разные условия для формирования льдов и существования микроорганизмов.

Пробелы в знаниях:

- Требуется провести исследования по оценке стабильности полярного фронта к западу и югу от о. Шпицберген, чтобы ответить на вопрос о возможных пороговых условиях погоды

на Свальбарде.

Атмосферная циркуляция

Воздушные потоки, поступающие в норвежский сектор Арктики, контролируются крупномасштабными типами циркуляции. Североатлантическое колебание (САК) и Арктическое колебание (АК) имеют, по-видимому, два разных свойства, которые определяют изменения циркуляции атмосферы. Как показывают модели, они приносят мягкий влажный воздух в Скандинавию и далее в Баренцево море, когда находятся в «положительной» фазе. Это состояние уже наблюдалось в атмосфере, но в последние десять лет произошло отклонение циркуляции от классических режимов, перейдя в относительно нейтральную фазу с умеренными ветрами в регионе.

Пробелы в знаниях:

- Поскольку ветер оказывает большое влияние на перенос воды в Баренцево море и на изменения полярного фронта, абсолютно необходимы исследования, направленные на понимания механизмов, контролирующей крупномасштабный ветровой режим в регионе. Подробное изучение локальных или мелкомасштабных изменений климата приносит только дополнительные преимущества, если крупномасштабные изменения правильно воспроизводятся в моделях.

Облачность

Количество облачности в Арктике, вероятно, увеличилось из-за сокращения ледового покрова, которое приводит к большему испарению и увеличению водяного пара, который может формировать облака. Суммарное воздействие облаков на радиационный баланс, по-видимому, способствует скорее потеплению, чем похолоданию. Белые облака не уменьшают поглощенную на поверхности солнечную радиацию, если эта поверхность белого цвета (снег или лед), и облака не влияют на поступающую солнечную энергию во время полярной ночи. Поскольку облака ограничивают отражение теплового излучения независимо от времени года, большее количество облаков обычно нагревает поверхность Земли в Арктике. Потепление в Арктике также увеличивает вероятность того, что облака будут содержать капли воды вместо кристаллов льда, что усиливает эффект потепления. Наблюдения указывают на увеличение количества облачности в Арктике, что также совпадает с повышением летних температур.

Пробелы в знаниях:

- Основной недостаток – отсутствие понимания роли облачности в Арктике и ее эволюции в результате изменения влажности и температуры. Кроме того, еще менее изучено воздействие аэрозольных частиц на образование облаков, особенно в Арктике.

Гидрологический режим

Заморозки на почве и вечная мерзлота оказывают значительное влияние на гидрологический режим Арктики. При более раннем таянии снега весной оттаивание почвы также будет начинаться раньше и достигать большей глубины. Это создает разные условия для стока и для всего гидрологического режима почвы. Как правило, рост осадков приводит к увеличению стока, и, если выпадают жидкие осадки на лед, таяние протекает быстрее. На севере Норвегии ожидается увеличение стока в зимний период и уменьшение в летний. Увеличение стока окажет влияние на прибрежную океанографию и на имеющиеся там экосистемы.

Пробелы в знаниях:

- Изменения гидрологического режима в значительной степени зависят от местных почвенных условий и топографии. Особенно желательно проведение подробных гидрологических исследований, но они будут оправданы только при наличии достоверных сценариев крупномасштабных изменений осадков и ветрового режима.

Уровень моря

Уровень моря повышается уже в течение длительного времени, что подтверждается данными спутниковых наблюдений за последние 15 лет. В Норвегии и норвежском секторе Арктики

относительный подъем уровня моря (видимый на берегу) является весьма незначительным, поскольку он компенсируется поднятием суши. Изменение уровня моря происходит при попадании воды из ледников в море (благодаря таянию или откалыванию) и повышению температуры морской воды (из-за расширения воды). В последние годы поступление воды с ледников и полярных шапок в Мировой океан значительно изменилось, что является элементом неопределенности в будущем. Изменения уровня моря регионального масштаба могут быть вызваны изменениями атмосферного давления (контролируемого температурными и ветровыми режимами) и смещениями океанских течений. Ожидается, что в разных регионах Норвегии и норвежском секторе Арктики повышение уровня моря будет очень неодинаковым.

Пробелы в знаниях:

- Понимание регионального влияния на уровень моря требует особенно хороших знаний о региональных трендах температуры морской воды и крупномасштабных изменениях циркуляции атмосферы (и атмосферного давления).

Морские льды

Протяженность морских льдов в летний период сократилась по всей Арктике. В каждый из последних пяти лет (2005-2009 гг.) льда было меньше, чем в предыдущие годы (с начала спутникового мониторинга в 1979 г.). Почти по всей Арктике лед стал тоньше и в целом моложе. Вследствие этого Арктика сейчас покрыта слоем льда, который может таять быстрее, чем раньше, поскольку для таяния тонкого льда требуется меньше тепла, чем для толстого. Тонкий лед может легче деформироваться и перемещаться ветром. Подробные исследования Баренцева моря свидетельствуют об увеличении скорости таяния льдов в летний период на всей акватории. Зимой в Северном Ледовитом океане и в северной части Баренцева моря по-прежнему происходит образование льда. Тем не менее, также наблюдается сокращение протяженности льдов зимой в южной части Баренцева моря (76-78° с.ш.), что ведет к изменению условий для теплообмена между атмосферой и морем, увеличению испарения и большому перемешиванию в верхнем слое моря благодаря влиянию ветра.

Пробелы в знаниях:

- Необходимо лучше знать процессы, контролирующие таяние морских льдов.
- Описание процессов, происходящих в морских льдах является, по-видимому, наиболее значительным недостатком климатических моделей, требующим дальнейшего совершенствования. Для этого необходимо лучше знать реально происходящие процессы.
- Необходимо также больше знать о влиянии изменившихся ледовых условий на экосистемы (как в летний, так и в зимний периоды).

Ледники и снега

За исключением некоторых прибрежных ледников, расположенных в материковой части Норвегии, объем ледников в Норвегии и на Свальбарде постоянно уменьшается. По сравнению с 2000 г. большинство ледников отступило. Часто в качестве индикатора эволюции ледника используется его язык, но это может создавать неверное впечатление, поскольку язык может двигаться посредством перераспределения льда без изменения его общего объема (например, пульсация ледника не ведет к ускорению таяния, а только к движению льда). Тем не менее, исследования баланса массы показывают снижение объемов льда, что подтверждается несколькими независимыми методами. Тем не менее, баланс массы на Свальбарде является явно отрицательным на всех ледниках за последние десять лет. Отрицательный баланс массы, в первую очередь, связан с таянием в летний период, в то время как зимний баланс является относительно стабильным на протяжении последних 40 лет. В последние десятилетия некоторые ледники на Свальбарде тают быстрее. Снежный покров на юге Норвегии стал тоньше и более кратковременным. Не наблюдается тенденций изменения толщины снежного покрова на севере Норвегии и Свальбарде.

Пробелы в знаниях:

- Недостаточно изучены процессы, контролирующие таяние и пульсации ледников на Свальбарде.
- Влияние облачности на изменения ледников остается неопределенным, но, по-видимому,

важным.

- Существует большая потребность в достоверных данных об осадках в виде снега и о распределении снега на Свальбарде.
- Необходимо количественно оценить влияние загрязнения на таяние снега и льда.

Альbedo

Обратная связь альbedo (способность поверхности отражать солнечную радиацию) проявляется на разных масштабах. Таяние снега и льда обнажает более темные поверхности почвы, которые поглощают больше солнечной радиации. Это особенно видно на примере морских льдов в Баренцевом море и более раннего снеготаяния на юге Норвегии, но существует очень мало количественных данных об этом эффекте на Свальбарде, хотя многие свидетельства указывают на аналогичную роль альbedo. Что касается более малого масштаба, то на выпавшем снеге могут образоваться крупные кристаллы, которые более темные, и таким образом поглощают больше солнечного света. Этот процесс, вероятно, усиливается при более теплом климате, но для Свальбарда он пока количественно не оценен. При таянии стоковая вода может даже собираться на поверхности ледников или морских льдов, создавая более темные пятна, которые, в свою очередь, усиливают таяние. В последнее время было показано, что это явление является важным механизмом, который помогает объяснить наблюдаемое таяние морских льдов. Наконец, загрязнение поверхности снега (особенно сажей, а также и другими веществами, минералами и камнями в леднике) может концентрироваться на поверхности во время таяния и приводить к уменьшению альbedo и увеличению скорости таяния.

Пробелы в знаниях:

- Необходимо количественно оценить изменения альbedo и установить степень его влияния, на процессы действительно важные в норвежском секторе Арктики. Улучшение понимания процессов может способствовать дальнейшему совершенствованию моделей.

Углеродный цикл

Для наземных экосистем высоких широт характерно, что в них фотосинтез меньше зависит от температуры, чем дыхание. Тем не менее, определенный фотосинтез все-таки происходит (также и в Арктике), но органический материал распадается очень медленно. Поэтому почва содержит гораздо больше углерода в виде гумуса и других связанных форм углерода, чем живая биомасса на поверхности. Изменения климата могут привести к изменению роста растений, но изменения в почве могут потенциально привести к большой эмиссии углекислого газа, метана и закиси азота в атмосферу. Эта эмиссия зависит от многих факторов, таких как температура и влажность почвы, доступ к питательным веществам и тип отложения углерода в грунте. Повышение температуры, вероятно, приведет к росту эмиссии в атмосферу, но проведенные исследования указывают на весьма нерепрезентативную картину со значительными местными колебаниями по отношению к интегральному эффекту. Аккумуляция углерода в почве и болотах происходила в течение длительного времени (со времени последнего ледникового периода), которые являются огромным долгосрочным резервуаром. Поэтому исследования чистого обмена с почвой в течение относительного короткого периода (несколько десятков лет) могут дать неожиданные результаты, трудно поддающиеся интерпретации. Причина в том, что доминирующее влияние на эмиссию могут оказывать изменения в огромном резервуаре, а не первичная продуктивность на конкретном участке территории. Гидрат метана является важным фактором в этой связи, но резервуары гидрата на суше в норвежском секторе Арктики, вероятно, ограничены.

Углеродный цикл в океане имеет сложную природу и зависит от температурных условий, стратификации океана, ледовых условий, океанских течений, поступления воды с суши, доступа к питательным веществам и биологической продуктивности. Рост концентрации углекислого газа в атмосфере приводит к более высокой концентрации растворенного органического углерода в океане (углекислота) и повышению его кислотности. При повышении кислотности океана организмы, использующие карбонат кальция для строительства своих раковин, могут испытывать проблемы. Это может привести к коренным изменениям в конкурентных отношениях между видами и, таким образом, к изменениям в экосистемах. Ожидается, что в регионе Баренцева моря эффект окисления будет выше, чем в других районах Мирового океана.

Потепление океана приведет к существенным изменениям в переносе углерода и в экосистемах,

но уровень наших знаний настолько ограничен, что неясно, каким может быть суммарное влияние на обмен углеродом между атмосферой и океаном в норвежском секторе Арктики. Важным, но мало обсуждаемым, является пороговый эффект углеродного цикла в норвежском секторе Арктики, который состоит в том, что, если характеризующаяся высокой продуктивностью зона кромки льда уйдет из мелководного Баренцева моря на север континентального шельфа, то может произойти радикальное изменение режима, при котором первичная продуктивность (со связанными питательными веществами) более не будет иметь нижней границы распространения ограниченной условиями морского дна, а исчезнет в глубоком океане.

Гидрат метана обнаружен в донных отложениях в районе Свальбарда, и его эмиссия была также обнаружена из морских отложений. Следует признать, что пока не было показано, что эта эмиссия является реакцией на изменения температуры, но потенциально возможно существование резервуара метана, который может стать доступным для эмиссии относительно быстро.

Норвежский сектор Арктики характеризуется относительно ограниченным распространением заболоченных территорий (заболоченные территории в Сибири и Канаде активно изучаются), но имеет большие территории сравнительно мелкого моря, на которых происходят быстрые изменения ледовых условий. Баренцево море и его изменения, бесспорно, являются ключевой частью системы, если речь идет и об углеродном цикле.

Пробелы в знаниях:

- Каким образом изменения климата повлияют на эмиссию углекислого газа, метана и закиси азота из почвы и тундры в норвежском секторе Арктики?
- Какое влияние изменения климата окажут на резервуары углерода в почве и в морских отложениях?
- Как изменится экосистема Баренцева моря в результате изменения климата и изменения концентрации углекислого газа?
- Подошли ли мы близко к изменению режима, при котором важная часть первичной продуктивности сместится с континентального шельфа на океанские глубины в Арктике?

Загрязнение атмосферного воздуха

Помимо увеличения парниковых газов человечество также оказывает влияние на содержание аэрозольных частиц в атмосфере, включая сажу и некоторые другие виды загрязнения воздуха.

Аэрозольные частицы (в особенности сульфатный аэрозоль, который образуется в результате выбросов серы при горении) в атмосфере способны оказывать влияние на радиацию и образование облаков. Увеличение числа аэрозольных частиц, вероятно, приводит к увеличению мелкокапельных облаков, которые обладают несколько более высоким альбедо, в результате чего меньше солнечной радиации достигает поверхности Земли. Это может потенциально уменьшить потепление. Аэрозольные частицы в Арктике в зимний период имеют гораздо более длительное время существования, чем в более низких широтах, поскольку при меньшем поступлении солнечного света происходит малое число химических превращений в воздухе, а так же потому, что малое количество осадков приводит к меньшему вымыванию и выпадению аэрозольных частиц на поверхность Земли. Отсутствие солнечного света в зимний период также означает, что рассеяние света не имеет большого значения. Таким образом суммарное влияние аэрозоля на атмосферу Арктики остается неопределенным.

Потенциально сажа может привести к большим изменениям альбедо за счет ее отложения на снегу или соединения с падающими снежинками. Это может ускорить таяние в весенний период, поскольку сажа поглощает больше солнечной радиации. Потенциально существует возможность снизить количество сажи в атмосфере при помощи относительно простых средств, и таким образом противодействовать потеплению в течение какого-то времени. Также высказываются мнения, что большая часть наблюдающегося в последние годы потепления может быть вызвана отложениями сажи на снеге и льду. Керны льда, взятые в Гренландии (куда сажа в основном поступает из Северной Америки), показывают снижение количества сажи с 1950-х годов, что соответствует совершенствованию технологий, использовавших уголь в промышленности. В последние три года наблюдалось увеличение количества сажи в воздухе в районе горы Цеппелинфьеллет (о. Шпицберген).

В атмосфере по-прежнему находится большое количество веществ истощающих озоновый слой,

что приводит к разрушению стратосферного озона. Изменение концентрации озона влияет на интенсивность ультрафиолетового излучения, достигающего поверхности Земли. Избыточное УФ-излучение на поверхности океана может привести к гибели некоторых видов планктона, вызывая таким образом изменения в экосистеме. Данные, собираемые на станции Нью-Олесунд (о. Шпицберген) с 1980 г., свидетельствуют о снижении УФ-излучения, что объясняется увеличением облачности. Ожидается, что изменение распространения морских льдов будет оказывать гораздо большее воздействие на интенсивность УФ-излучения, достигающего планктона, чем изменение концентрации озона в атмосфере.

В Арктику по воздуху и морскими течениями переносится несколько типов загрязняющих веществ. Особое внимание уделяется стойким загрязняющим веществам, таким как ПХБ (полихлорированные бифенилы). Несмотря на снижение выбросов, в последние годы на станции Цеппелинфьеллет (о. Шпицберген) наблюдается рост концентрации некоторых веществ.

По-видимому, это повышение связано с влияниями потепления. При потеплении выделяются вещества, которые ранее хранились в океане или во льдах. Кроме того, происходят изменения и в циркуляции, которая переносит воздушные массы на Свальбард из более низких широт. Как уже говорилось ранее, в последние годы растет количество сажи, что соответствует объяснению, согласно которому растет перенос из загрязненных районов в Арктику.

Горение биомассы и лесные пожары, в результате которых происходит выделение загрязняющих веществ, накопленных в биоматериале, также являются факторами, которые в последние годы создают большие выбросы и могут объяснить наблюдаемые изменения в их концентрации. Это также согласуется с наблюдениями за сажей. Механизмы по-прежнему неясны, но концентрация нескольких типов загрязнителей в Арктике растет с повышением температуры.

Пробелы в знаниях:

- Влияние аэрозольных частиц на радиационный баланс в Арктике - как прямое, так и косвенное посредством изменения облакообразования.
- Большое время пребывания аэрозольных частиц в атмосфере Арктики.
- Количественная оценка роли сажи в потеплении Арктики.
- Определение процессов, контролирующей концентрацию загрязнителей в Арктике в результате изменения климата и их количественная оценка.
- Комплексная система наблюдений в Арктике, дающая картину того, что реально происходит. Многие выводы и примеры в этом разделе основываются на данных отдельных наблюдений, выполненных в пунктах, которые необязательно являются репрезентативными для всего региона. Представляется, что инициатива SIOS (Комплексная земная система наблюдений в Арктике на Свальбарде/Svalbard Integrated Arctic Earth Observing System), которая является элементом программы ЕС «Европейский стратегический форум по исследовательским инфраструктурам» (ESFRI) восполнит эти слабые места наших наблюдений, что является абсолютно необходимым, если мы хотим кардинально повысить уровень наших знаний в ближайшие несколько лет.

Harald Loeng, Geir Ottersen, Martin-A. Svenning, Audun Stien

Effekter på økosystemer og biologisk mangfold

Klimaendringer i norsk Arktis

NorACIA delutredning 3



Резюме доклада «Воздействие на экосистемы и биоразнообразие. Изменения климата в норвежском секторе Арктики».

В Арктике ожидаются более значительные изменения климата, чем в других районах Земли, и, несмотря на некоторую неопределенность, у специалистов по климату в настоящее время сформировалось достаточно хорошее представление о предстоящих изменениях атмосферы в арктических регионах, в то время как влияние изменения климата на океаны в будущем остается менее понятным. Температура воздуха будет повышаться и в летний и в зимний периоды, а также вырастет количество осадков, наиболее вероятно в основном в виде снега. Однако знания о влиянии климата на различные экологические системы Арктики являются очень скудными. В этом докладе приведено описание текущего состояния морских, земных и пресноводных экосистем в Арктике, и также сделана попытка пролить свет на то, что предположительно будет являться наиболее важным экологическим влиянием будущих изменений климата на эти экосистемы.

В ближайшие десятилетия не ожидается существенных биологических изменений в *первичной продуктивности и фитопланктоне* морской экосистемы. Однако уже в течение нескольких десятилетий некоторые виды могут подвергнуться конкретному влиянию окисления океана, и можно ожидать, что эти изменения будут затрагивать один вид за другим в дальнейшем. Крупномасштабные изменения в первичной продуктивности и зоопланктоне приведут к изменениям в доступности корма для других видов, включая рыбу. На практике эту тенденцию невозможно развернуть в обратную сторону, принимая решения, рассчитанные на краткосрочную перспективу. При потеплении климата может увеличиться биомасса *зоопланктона*. Некоторые виды могут расширить свой ареал, и также может измениться общая продуктивность биомассы зоопланктона.

Чтобы продемонстрировать изменения в *донной фауне и макроводорослях* в течение определенного периода, крайне необходимо знать ареал видов в его начале. В целом подобных знаний об обитающих на морском дне в норвежских водах организмах недостаточно. Тем не менее, мы можем оценить некоторые последствия, вызванные ростом температуры, например, движение новых видов на север. В целом, виды будут смещаться в северном и восточном направлениях. Может также измениться соотношение видов в определенном районе.

Что касается *рыб*, то повышение температуры в прошлом положительно сказывалось на пополнении запасов трески, сельди и пикши в северных водах. С другой стороны повышение температуры в море приведет к более широкому распространению рыбы и ее появлению в северо-западной части Норвежского моря и северо-восточной части Баренцева моря, где в настоящее время температуры ниже и наблюдается другое распространение корма, или его ограниченное количество. Некоторые виды морских млекопитающих сильно привязаны ко льду для размножения или поиска пищи, в то время как другие ищут корм во фронтальных зонах. Для обеих этих групп изменение границ акваторий покрытых льдом, или положения фронтов, где продуктивность является высокой, может оказать значительное влияние на численность популяций. Ожидается, что распространение видов, питающихся в Норвежском море, будет смещаться к северу, и поэтому некоторые высокоширотные арктические виды будут вытеснены в северном направлении, а с юга будут приходить новые теплолюбивые виды.

Почти нет сомнений, что существенные изменения климата будут иметь далеко идущие последствия для представленных здесь видов *морских птиц*. Последствия не обязательно должны быть негативными. Изменения климата до 2080 г. вероятно окажет положительное влияние на некоторые виды, но необходимо подчеркнуть, что в этом вопросе существует большая неопределенность.

Повышение температуры моря упростит *новым видам*, приходящим с юга с Норвежским прибрежным течением или Североатлантическим течением, закрепление в Норвежском или Баренцевом морях. Это относится как к тем видам, которые уже в течение длительного времени живут в Северном море, так и к тем, которые недавно там появились в связи с хозяйственной деятельностью. Воздействие изменения климата также необходимо рассматривать в разрезе групп организмов и биологических систем. Чтобы иметь возможность сказать что-либо о

комплексном влиянии на экосистему, необходимы знания о биоразнообразии, ключевых видах, распределении во времени и пространстве, потенциале продуктивности, взаимодействии экосистем и уязвимости.

Повышение температуры приведет к тому, что многие виды экосистем суши расширят свой ареал на север. Те виды, которые в настоящее время обитают исключительно южнее, закрепятся на севере Норвегии, Свальбарде и о. Ян Майен. Это приведет к увеличению разнообразия видов, но также существует опасность исчезновения некоторых из нынешних ключевых видов. Виды, встречающиеся в настоящее время на северных территориях, расширят свое распространение на более высокие широты и более холодные внутренние районы. На севере Норвегии увеличение площади хвойных лесов, в частности, приведет к серьезным последствиям для экосистем.

Повышение температуры приведет к более раннему началу вегетационного периода *растительных сообществ*, его большей продолжительности и росту первичной продуктивности. Уменьшится площадь мохового покрова, а травянистая растительность расширит свой ареал и увеличит свою плотность в Арктике и в горах. Расширится ареал на север и на большую высоту как хвойных, так и березовых лесов. Некоторые виды, такие как черника, могут отрицательно отреагировать на увеличение повторяемости периодов с мягкой погодой в зимнее время.

Рост первичной продуктивности и более мягкие зимы приведут к росту популяций и более широкому распространению многих *травоядных*. В частности, можно ожидать увеличения видового разнообразия и популяций насекомых и представителей оленевых. Будущее северного оленя может быть не таким спокойным.

Воздействие на популяции *хищников* вероятно, в первую очередь, будет определяться тем, как изменения климата будут влиять на размер популяций их добычи. Помимо этого виды, связанные с лесом, например, рысь, могут расширить свое распространение и увеличить размер популяции. Ожидаемое прерывание лет пикового количества леммингов будет иметь огромное значение для альпийской экосистемы севера Норвегии. Ожидается, что рост температуры приведет к более раннему весеннему пику для многих видов насекомых, которые являются важным кормом для *птиц* в период гнездования. Ожидается, что периоды миграции и спаривания многих видов птиц сместятся в сторону весеннего пика насекомых. Рост температуры и большее разнообразие носителей паразитов приведет к большему разнообразию *паразитов*. Может возникнуть больше проблем с комарами, жалящими мухами и клещами.

Сложно предсказать *будущую эволюцию экосистемы*. По-прежнему трудно создать количественные модели для оценки влияния изменения климата на экосистемы, поскольку существует мало количественных сведений об интенсивности влияния климата на отдельные виды и на взаимодействие в самой экосистеме.

Ожидаемое влияние повышения температуры и количества осадков на лимнические (пресноводные) экосистемы будет чрезвычайно сложным и обусловленным рядом причинно-следственных связей. Повышение температуры воздуха и количества осадков повлияет, к примеру, на температуру воды, вечную мерзлоту, толщину и качество льда, продолжительность ледового покрова, сток рек, паводки и ледники и снабжение питательными веществами. Тем не менее, наиболее вероятное физическое влияние на лимнические экосистемы будет связано с продолжительностью периода отсутствия льда. Таяние вечной мерзлоты может также привести к исчезновению мелководных ресурсов пресной воды на арктических территориях (Свальбард). Влияние изменения климата на *первичную продуктивность, планктон и придонную фауну* пресноводных экосистем северной Норвегии и Свальбарда, по-видимому, будет отличаться. На севере Норвегии, вероятно, будет более высокая продуктивность водорослей и фитопланктона, что в свою очередь, благотворно скажется на продуктивности *зоопланктона*. Исследования, проведенные на Свальбарде, в восточной Гренландии и высокогорных районах на материке показывают, что рост осадков в виде снега компенсирует рост температуры воздуха и приводит к сокращению периодов безо льда и снижению продуктивности в озерах. Если климат будет теплеть, то, по-видимому, у зоопланктона увеличится число поколений за год, и виды с многолетним жизненным циклом могут эволюционировать в однолетний. В общей сложности это ускорит скорость роста популяций. В наиболее высокоширотных арктических районах, таких как Свальбард, рост осадков в зимний период может развернуть в обратную сторону сделанные выше предположения.

Рост зимних и летних температур приводят к повышению скорости роста продуктивности на пресноводном этапе популяций арктических *видов рыб*, в то время как это может быть в значительной степени компенсировано ростом осадков в виде снега. Небольшие изменения температуры воздуха и осадков оказывают значительное влияние на сток рек, по которым анадромный шпицбергенский голец достигает моря, и таким образом влияют на жизненный цикл и выживание гольца. Изменение климата изменит межвидовую конкуренцию. В последние 10 лет произошло значительное сокращение морского гольца в реках северной Норвегии, в то время как количество кумжи выросло. Повышение температуры моря приводит к тому, что анадромные виды рыб продвигаются дальше на север, увеличивая, таким образом, вероятность закрепления новых видов в озерах на Свальбарде. Одним из примеров является колюшка, которая уже встречается в двух реках о. Шпицберген.

Как мы видим, изменения климата могут изменить как продуктивность, так и ареал видов в экосистемах. Помимо предстоящих долгопериодных изменений климата будут наблюдаться естественные колебания в экосистеме, поскольку на нее влияют ежегодные колебания погодных условий и баланс между растительным и животным миром. Необходима совместная работа океанографов, гляциологов, метеорологов, биологов и экологов, чтобы отличить естественные колебания климата от его антропогенных изменений и понять их результирующее влияние на экосистему. Также необходимо привлечь специалистов по общественным наукам, чтобы лучше понять, какие последствия могут иметь изменения климата для общества, развития экономики и промышленности.

Ключевой вопрос заключается в том, могут ли изменения климата вызвать далеко идущие изменения в северных регионах. Под «далеко идущими» изменениями экосистемы мы подразумеваем такие, при которых произойдет смена доминирующих групп. Важно также больше знать, как различные виды хозяйственной деятельности (например, развитие инфраструктуры, сельского и лесного хозяйства, рыболовства и нефтегазовой отрасли) могут изменить устойчивость экосистемы и ее способность противостоять изменениям климата. Необходимо расширить и изменить модели экосистем, учитывая в них новые процессы и компоненты по мере накопления новых знаний. Они должны включать совместно действующее влияние pH, pCO_2 , климата и температуры. Существует огромная потребность в большем объеме количественных знаний о влиянии скорости и изменчивости изменения климата на производство и трофические взаимодействия в пищевой цепи (взаимодействий между разными уровнями цепи).

Изменения климата могут привести к изменениям сроков воспроизводства на разных уровнях пищевой цепи. Неясно, продолжится ли сезонная сопряженная изменчивость, возникшая в результате эволюции между добычей и растениями и хищниками и потребителями растительной пищи, и будет ли она производить экосистемы с соответствующими функциями в будущем. Необходимо знать об этом больше, чтобы лучше понять, как экосистема может реагировать на изменения климата. Изменения климата могут также привести к закреплению новых инфекционных организмов (вирусов, бактерий, животных- и растений-паразитов). Необходимы дополнительные знания о том, каких видов инфекционных организмов это может касаться, какое влияние они могут оказать на популяции, и как они влияют на межвидовое взаимодействие.

Изменения климата могут оказывать на виды косвенное влияние посредством воздействия на добычу ими пищи, или на конкурирующие с ними виды. Чем сильнее такие косвенные воздействия, тем сложнее предсказать их суммарный эффект в системе. Поэтому, чтобы можно было что-либо сказать о предсказуемости экосистем, необходимо знать важность каждого такого косвенного влияния климата. У многих арктических видов сравнительно небольшой ареал обитания и специфические требования к окружающей их среде и пище, и неизвестно, как эти организмы отреагируют на рост конкуренции со стороны более приспособляющихся бореальных видов.

Почти все оценки воздействия УФ-излучения на водоросли основаны на результатах короткопериодных исследований. Поскольку не существует длительных исследований влияния радиации как на отдельные особи, так и на продуктивность в морских экосистемах, существует необходимость направить больше усилий на получение подобной информации. Большинство существующих данных по биологическому влиянию окисления были получены в результате демонстрации значительных изменений водородного показателя pH. Поскольку в ближайшие 10-

100 лет ожидается дальнейшее небольшое изменение показателя pH морской и пресной воды, необходимы знания о его биологическом влиянии. Особенно важно сконцентрировать внимание на оценках влияния окисления на видовой состав и последовательную смену во времени фитопланктона, а также на процессы воспроизводства и выживаемость икры и личинок больших групп животных в пищевой цепи.

Для прогнозирования изменения токсической нагрузки в результате изменения климата было проведено до сих пор недостаточно исследований. Существует огромная потребность в картировании того, как изменения атмосферных и океанских течений повлияют на поступление загрязняющих веществ, и как изменится в результате этого состав токсических веществ, влияющих на арктические экосистемы. Также важно знать, как изменения концентрации загрязнений, температуры и других стрессогенных факторов в совокупности влияют на виды и экосистемы. Такие знания чрезвычайно необходимы, чтобы можно было предсказать влияние изменений и, возможно, предпринять определенные шаги для противодействия наиболее пагубным последствиям.

Наше понимание экологии и разработка моделей намного отстают от развития климатических исследований, когда дело касается подробных прогнозов во времени и пространстве. По-видимому, качество будущих прогнозов развития экосистем в северных районах в основном ограничено нашим знанием экологии, и вследствие этого нашими возможностями включать изменения климата в соответствующие модели экосистем. Поэтому дополнительные знания о том, каких существенных изменений в экосистемах в результате изменения климата можно ожидать, должны появиться посредством лучшего понимания влияния климата на виды, на их способность адаптироваться к его изменениям, или компенсировать их, и на взаимодействия между видами в экосистемах. Такие исследования следует объединить с мониторингом, чтобы иметь возможность обнаружить существенные нежелательные изменения на раннем этапе, и таким образом дать возможность предпринять контрмеры на ранних стадиях. Что касается таких контрмер, то следует лучше изучить, как различные стратегии природопользования влияют на экосистему. Такие знания дадут возможность оценить возможные контрмеры, направленные на устранение особенно нежелательных тенденций.

Arild Buanes, Jan Åge Riseth og Eirik Mikkelsen

Effekter på folk og samfunn

Klimaendringer i norsk Arktis

NorACIA delutredning 4



Резюме доклада «Влияние на население и общество. Изменения климата в норвежском секторе Арктики»

В этом отчете предпринята попытка проанализировать результаты работы по оценке воздействия изменений климата и уязвимости общества в северных районах Норвегии (северная Норвегия и Свальбард). Степень уязвимости общества к изменениям климата является совокупным результатом воздействия, чувствительности и приспособляемости. Поскольку адаптация и приспособляемость влияют на уязвимость, невозможно оценить уязвимость социальных систем к изменениям климата только исходя из линейной причинно-следственной связи от изменений климата и его последствий на экосистемы до влияния климата на общество. Вопросы адаптации и приспособляемости являются предметом доклада №5 проекта NorACIA. В данном докладе сделан упор на вопросы воздействия и чувствительности к изменениям климата и методы оценки уязвимости общества в этой связи. В Норвегии уже давно не проводились работы по изучению и оценке уязвимости к изменениям климата. Некоторые ключевые вопросы затронуты в отдельных подпроектах NorACIA, но в этом докладе также использованы результаты и других работ. Большинство исследований имеют общий характер для того сектора или области, который является их предметом, и очень часто они не дают достаточную оценку географических различий между регионами и частями страны. Это означает, что тематический обзор в этом докладе соответственно является общим для некоторых секторов и областей. Изменения климата влияют на население и общество посредством изменения погоды (температура, ветер и осадки), на природные системы (включая уровень мирового океана, волны, эрозию, и биологические и экологические изменения) и на такие аспекты, как инфраструктура, и сектора экономики. Многие участники этого процесса и сектора замечают последствия климатической политики (такие как налоги на эмиссию парниковых газов) ранее, и в большей степени, чем последствия самого изменения климата. Однако в этом докладе рассмотрены только прямые и косвенные влияния изменения климата, а не климатической политики. За основу взяты несколько последних работ, в которых сделана попытка развития взглядов на уязвимость и адаптацию к изменениям климата применительно к условиям Норвегии. Некоторые из них были разработаны под эгидой NorACIA. В них различаются три основных типа уязвимости:

1. Естественная уязвимость: природные процессы, на которые воздействуют изменения климата; например, оползни, паводки и изменения биоразнообразия. Это соответствует воздействию изменения климата.
2. Социально-экономическая уязвимость: факторы и процессы в обществе, которые влияют на уязвимость от изменений климата. Примерами являются доля сотрудников на предприятиях, которые уязвимы к изменениям климата, и доля объектов инфраструктуры и зданий, расположенных в районах подверженных оползням. Это дает представление об их чувствительности к изменениям климата.
3. Институциональная уязвимость: способность различных органов и учреждений реализовывать меры по адаптации к изменениям климата; приспособляемость. Примерами являются доступ к опыту/экспертным знаниям и экономическим ресурсам для реализации мер по адаптации.

В рамках проекта NorACIA при проведении подобных оценок уязвимости были проверены как метод «сверху-вниз», так и «снизу-вверх». При использовании метода «сверху-вниз» уязвимость региона или сектора оценивается при помощи макроэкономических данных, опросов и/или других статистических данных. При использовании метода «снизу-вверх» для оценки уязвимости привлекаются местные жители, пользователи и другие группы с особыми интересами. В этом отчете рассматривается то, как изменения климата могут повлиять на инфраструктуру, виды деятельности, основанные на использовании природных ресурсов, здоровье населения и сохранение окружающей среды. Особое внимание также уделено группам населения и регионам, которые особенно уязвимы к изменениям климата, включая использование методов оценки уязвимости муниципалитетов. Другие тенденции, например миграция и выбор мест проживания, могут усиливать последствия изменения климата или противодействовать им. Они могут снижать общую потребность в новых объектах инфраструктуры и также в их размещении. Рыночные тенденции в разных отраслях экономики будут влиять на их рентабельность и таким образом оказывать влияние на их уязвимость к изменениям климата.

Инфраструктура

В целом по стране существует большая вероятность повышения температуры и уровня моря, а также увеличения количества осадков по всему побережью. Прямые проблемы, вызванные погодными условиями, особенно ветром и осадками, являются наиболее важными климатическими воздействиями на транспортный сектор из-за повышения опасности паводков, лавин и вымывания насыпных грунтов. Увеличение повторяемости паводков, вызванное повышением температуры воздуха и количества осадков, будет оказывать отрицательное воздействие на дороги. Рост повторяемости воздействия более высокого уровня воды и сильных течений ослабят фундаменты мостов. Ожидается, что участки железных дорог, пересекающие горные районы (такие как Nordland Lines и Ofoten Lines, находящиеся в регионе, исследованном в проекте NorACIA), особенно пострадают от лавин, камнепадов и оползней, но невозможно точно определить масштаб этих последствий.

Сокращение площади морских льдов может стимулировать рост перевозок по Северному морскому пути. Сокращение времени перехода и снижение в результате этого потребления топлива принесут экономические и экологические выгоды. Однако рост морских перевозок в Баренцевом море может создать проблемы, связанные с применением морского права и определением границ ответственности в случае аварий, выбросов загрязняющих веществ. Не менее важны будут вопросы создания и содержания общей инфраструктуры обеспечения судоходства, такие как производство морских карт, готовность к борьбе с аварийными разливами нефти и создание новых портовых сооружений.

Это также означает появление новых возможностей для местного населения северной Норвегии и Свальбарда. На муниципальные сети водоснабжения и водоотведения будут оказывать влияние увеличение количества осадков, подъем уровня моря и более сильные штормовые нагоны. Последствия воздействия связаны с потенциальным снижением санитарной безопасности, ростом содержания природных органических материалов, водорослей, токсинов и опасностью загрязнения, вызываемого подъемом уровня моря. Анализ риска и уязвимости для округа Финнмарк (Fylkesmannen i Finnmark 2008) также показывает, как воздействие в одном пункте инфраструктурной цепи может передаваться дальше; например прекращение электроснабжения может иметь последствия для водоснабжения.

Изменения климата могут повлиять как на производство, так и распределение гидроэлектрической энергии. Увеличение годового количества осадков создает большие возможности для роста производства электроэнергии, но можно ожидать большей изменчивости повторяемости и количества осадков, что будет иметь последствия для поверхностного стока и степени наполняемости водохранилищ. Сеть электропередачи также может пострадать в результате большей повторяемости обледенения и ветров, которые будут приводить к выходу из строя оборудования и авариям.

Виды деятельности, основанные на использовании природных ресурсов

Сельское хозяйство, вероятно, является одной из отраслей наиболее чувствительных к изменениям климата. В настоящее время климат на севере и юге, а также на побережье и во внутренних районах северной Норвегии значительно отличается. Различия климатических условий и методов ведения сельского хозяйства затрудняют выработку четких и всеобъемлющих ответов на то, как изменения климата повлияют на сельское хозяйство в северной Норвегии.

В северных районах ожидается общий рост урожайности, вызванный повышением температуры воздуха, увеличением вегетационного периода и ростом концентрации углекислого газа в атмосфере. Это может создать основу для выращивания большего числа теплолюбивых и меньшего числа зимостойких культур, но ожидается, что в сельском хозяйстве будут по-прежнему преобладать растениеводство и животноводство. Повышение температуры воздуха и увеличение количества осадков в зимний период может привести к снижению повторяемости значительного зимнего ущерба в некоторых районах, но в то же время могут возникнуть огромные проблемы повторяемости обледенений в тех районах, где сейчас такие явления не наблюдаются. Лучшие

условия существования для грибов, насекомых и бактерий могут привести к более частому нашествию вредителей, включая новых.

Несмотря на сложность оценки последствий изменения климата на леса, ожидается, что в результате изменения климата их продуктивность в Норвегии значительно вырастет. Повышение температуры воздуха на 2 °C может привести к сдвигу верхней границы леса в горных районах примерно на 300 м. Это может значительно расширить продуктивные площади для лесоводства в округах Нурланд и Трумс, а округ Финнмарк имеет самый большой потенциал роста продуктивности. В результате изменения климата могут вырасти морозобойность в зимний период, стресс, вызванный засухой, нашествия насекомых и других вредителей и ущерб от грибов. То же относится и к росту рисков лесных пожаров.

Оленеводство является отраслью, которая особенно зависит от природных условий, поскольку в его основе лежит круглогодичное подножное использование корма. Изменение климата приведет к изменению условий круглогодичного выпаса, и будет иметь как положительные, так и отрицательные последствия, но, по-видимому, в целом общие последствия будут отрицательными. Повышение температуры воздуха в летний, осенний и весенний периоды приведет к сокращению летнего и зимнего выпаса в таких районах, как Финнмаркское плато, поскольку будет происходить зарастание открытых вересковых пустошей и подъем верхней границы лесов. Это также приведет к увеличению вегетационного периода, сдвигая, таким образом, баланс между использованием территорий зимнего выпаса и территорий выпаса, свободных от снега. Во внутренних районах повышение температуры воздуха в зимний период приведет к более изменчивым погодным условиям, вследствие более частого чередования заморозков и оттепелей, приводящих к ограничению доступа к местам выпаса, в то время как в прибрежных районах средняя температура воздуха будет положительной большую часть зимы, а лед и снег будут таять быстрее. В какой-то степени разные влияния могут компенсировать друг друга. Ожидаются негативные последствия, вызванные нашествием насекомых, и повышением опасности паразитарных и других заболеваний, и также вероятен рост числа конфликтов интересов в сфере землепользования.

Рыбное хозяйство в норвежском секторе Арктики является важным для рыбаков и местного населения северной Норвегии, Свальбарда и других мест. Важными климатическими характеристиками для морских экосистем являются температура, осадки, скорость и направление ветра, облачность, соленость воды, морские течения, ледовые условия, уровень моря, волновой режим, турбулентность и освещенность (зависящая как от ледовых условий, так и от облачности). Изменение климата оказывает влияние на морскую среду по всей пищевой цепи и влияет на рыбные запасы через пополнение и скорость прироста, а также на пространственное распределение и пути миграции рыбных запасов. В отчете ACIA сделан вывод, что умеренное увеличение температуры норвежских вод вместе с сокращением морских льдов, которое, как ожидается, приведет к росту первичной и вторичной продуктивности, вероятно, дадут преимущества для важных промысловых видов. Ситуация осложняется большим количеством разных факторов, поэтому будущие последствия остаются весьма неопределенными. Если последствия будут умеренными, мы можем столкнуться с изменениями в распределении и размерах ценных рыбных запасов, но структура экосистемы, в целом, останется нетронутой. Если в пищевой цепи образуется значительный разрыв, связанный с изменением времени и места нереста и выхода из икринок, и/или цветением планктона, структура экосистемы может претерпеть кардинальные изменения, последствия которых крайне сложно предсказать в связи со сложностью экосистемы. Изменения в географическом распределении рыбных запасов могут привести к тому, что те запасы, которые сейчас являются совместными для Норвегии и России, окажутся в гораздо большей степени в российской зоне, что может иметь последствия для определения квот. То же может относиться и к другим странам, с которыми мы делим рыбные запасы. Проблемой для управления рыбными запасами может также стать увеличение скопления трески в спорной зоне Баренцева моря. Географическое распределение судов, рыбаков, мест выгрузки и переработки уловов означает, что климатические влияния будут иметь различные последствия для разных районов норвежского сектора Арктики.

Для северной Норвегии и многих населенных пунктов региона также важна аквакультура. Повышение температуры воды приведет к ускорению роста выращиваемой рыбы до определенного предела. Температура воды на юге Норвегии может стать слишком высокой для выращивания лосося, в то время как на севере условия для этого могут улучшиться. Некоторые

исследования показывают, что это может иметь важные последствия для развития аквакультуры на севере Норвегии и создания новых рабочих мест в этом секторе экономики.

Изменения климата может видоизменить туристскую индустрию в том плане, что изменения погодных условий могут напрямую влиять на выбор туристами мест отдыха, а изменения растительного покрова могут привести к изменению привлекательности территорий. Изменения природной среды могут быть особенно важными для Норвегии, поскольку природа и ландшафты являются основными причинами для приезда сюда туристов. Сокращение снежного покрова и его неустойчивость во времени могут привести к тому, что пострадает горнолыжный туризм, если рассматривать его в отдельности. Однако, если у наших основных конкурентов произойдет большее сокращение снежного покрова, туристская отрасль на севере Норвегии может тем не менее столкнуться с ростом спроса. Ожидается дальнейший рост туристического потока на Свальбард, частично из-за улучшения доступности, вызванной сокращением количества льда в фьордах на северном и восточном побережье архипелага. Сокращение льдов в Баренцевом море может привести к росту давления на органы власти в части доступа к участкам акватории для разведочного бурения и добычи нефтегазовых ресурсов.

Охрана здоровья и окружающей среды

Как постепенные изменения температуры и осадков, так и рост повторяемости экстремальных погодных явлений (волн тепла и холода, паводков и лавин) могут оказывать прямое и косвенное воздействие на здоровье. Обычно это происходит посредством влияния на пути распространения инфекции и передачи заболеваний и более долгосрочное и косвенное влияние посредством, например, воздействие на производство продуктов питания. Таким образом, климат оказывает комплексное влияние на здоровье, но, тем не менее, считается, что самым серьезным последствием изменения климата для здоровья населения является рост распространения заболеваний, передаваемых такими носителями, как комары и клещи. В то время как ожидается, что изменения климата окажут существенное влияние на здоровье населения, в целом, на планете, ситуация в Норвегии является менее драматичной.

Ключевым вопросом сохранения природы в Норвегии является охрана территорий в соответствии с Законом об охране природы. При разработке критериев выбора территорий для охраны, такие как репрезентативность и необходимость охраны определенных видов, не учитывалось влияние, которое изменения климата будут оказывать на экосистемы. Эти изменения приведут к изменениям ареалов распространения видов, что повлечет за собой изменения в видовом составе и экосистемах особо охраняемых природных территорий. Чтобы противодействовать этому, в сфере природопользования усилия направляются на минимизацию других стрессогенных факторов, обеспечение охраны больших территорий с естественной природной средой, создание коридоров для расселения видов, адаптацию деятельности в соответствующих отраслях. Сейчас стало понятным, что короткопериодные климатические явления, такие как теплые волны в зимнее время, также могут вызывать серьезные последствия для отдельных видов и экосистем. Усиление природоохранной деятельности не может остановить изменения климата, но охрана территорий может помочь снизить угрозу видам и местам их обитания со стороны других факторов. Это может повысить вероятность сохранения биоразнообразия в будущем.

Изменения климата могут иметь последствия для наземных объектов культурного наследия в этом регионе, а тем из них, которые расположены на Свальбарде, может угрожать особенная прямая опасность в виде ускорения эрозии, и косвенная в виде большей нагрузки и износа связанных с увеличением числа посетителей.

Особенно уязвимые районы и группы

Важной задачей является определение групп, секторов или регионов наиболее уязвимых в результате изменений климата, чтобы отдать им приоритет при реализации мер, направленных на смягчение его влияния. В проекте NorACIA использовались индикаторные нисходящие оценки региональной и, особенно, муниципальной уязвимости на основе природной, социально-экономической и институциональной уязвимости. Это может быть использовано для первоначального отбора местностей для дальнейшего анализа уязвимости. Нисходящие методы оценки климатической уязвимости следует дополнить оценкой на местах. Важен масштабный анализ климатической уязвимости. В то время как ни в одном округе нет отдельных отраслей

промышленности чувствительных к изменению климата с числом занятых превышающих 7-8% населения, ситуация на муниципальном уровне совершенно другая, поскольку в некоторых муниципалитетах треть занятого населения занимается рыбным и охотничьим промыслом.

Саамы особенно уязвимы к последствиям изменения климата, поскольку они уже сейчас во многом находятся в напряженной ситуации и изолированы. Оленеводство является важным видом их деятельности и национальной самобытности, и ожидается, что оно столкнется с серьезными последствиями изменения климата. В напряжении оказываются и другие аспекты жизни саамов и ситуация, в которой они находятся, исследована гораздо хуже. Саамы обладают многолетним опытом оленеводства, охоты и использования природных ресурсов в меняющихся климатических и погодных условиях, который давал им возможность справляться с текущими проблемами, но предсказанные изменения климата создают качественно новые вызовы. Это происходит потому, что увеличивается как степень, так и скорость наблюдаемых и ожидаемых изменений климата, а другие социальные и экономические процессы способствуют росту их изолированности.

Резюме и пробелы в знаниях

Чтобы добиться более качественного анализа уязвимости при изменениях климата, необходимо совершенствовать методы оценки взаимодействия указанных изменений с изменениями в обществе, вызванных другими причинами. Это влечет за собой поиск новых более совершенных методов разработки социально-экономических сценариев и их увязки с регионально ориентированными климатическими сценариями. В данном контексте может быть полезным проведение региональных перспективных анализов и сценариев развития сообществ в привязке к отдельным отраслям или секторам. При оценке климатической уязвимости также важно оценивать общее воздействие, для чего требуется рассматривать климатическую уязвимость с учетом многих стрессовых факторов.

Подпроекты NorACIA, в которых оценивалась уязвимость климата на муниципальном уровне, помогли усовершенствовать выбор индикаторов по сравнению с предыдущими исследованиями. Новые индикаторы были выбраны благодаря новым знаниям о связи между климатом и обществом, а также благодаря лучшему пониманию имеющихся данных по отдельным индикаторам. Это показывает как применение методологии оценки климатической уязвимости ведет к ее усовершенствованию, а также помогает понять, какие данные следует собирать, чтобы лучше оценить уязвимость и последствия изменения климата в будущем. Одновременно с разработкой методов оценки климатической уязвимости их необходимо постоянно использовать, проверять и совершенствовать.

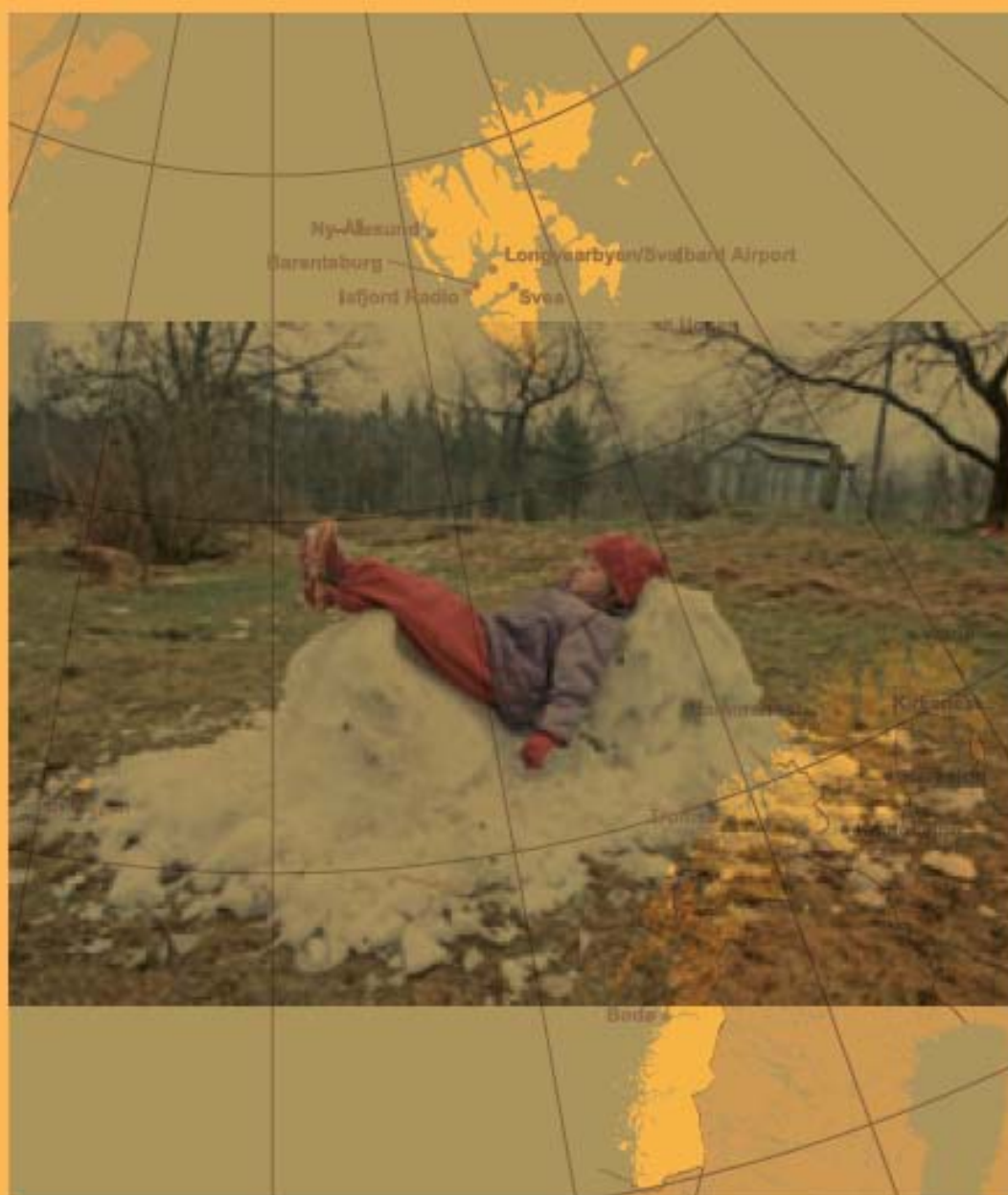
Пространственный и контекстуальный анализ уязвимости может включать: документирование местных факторов уязвимости; определение того, насколько местные сообщества чувствительны к последствиям изменения климата с учетом изменений социально-экономических и биофизических условий; анализ того, как ожидаемые изменения социальных, экономических и биофизических условий могут измениться; оценки приспособляемости местных сообществ. Не следует упрощать сложность, связанную с различными факторами и взаимодействиями на местном уровне между биофизическими, социальными, экономическими, политическими, юридическими и организационными/институциональными условиями. Вместо этого нам следует разработать адекватные методы оценки климатической уязвимости, учитывающие подобную сложность.

Arild Buanes, Jan Åge Riseth og Eirik Mikkelsen

Tilpasning og avbøtende tiltak

Klimaendringer i norsk Arktis

NorACIA delutredning 5



Резюме доклада «Адаптация и смягчение. Изменения климата в норвежском секторе Арктики»

В этом докладе сделана попытка проанализировать вопросы адаптации некоторых ключевых направлений и секторов к изменениям климата в норвежском секторе Арктики. В нем также рассматриваются меры по снижению эмиссии углерода путем его связывания в норвежском секторе Арктики. В соответствии с докладами МГЭИК адаптация к изменениям климата рассматривается здесь как приспособление естественных или антропогенных систем в качестве ответной меры на фактическое или ожидаемое влияние климата или его последствия, которое позволяет уменьшить вред или использовать благоприятные возможности. Смягчение не затрагивает реакцию на изменение климата, а является общим термином, обозначающим умышленное вмешательство, направленное либо на снижение эмиссии парниковых газов, или, например, на связывание CO₂ в лесах. Целью изучения адаптации к изменениям климата является снижение уязвимости общества от этих изменений и усилении возможностей Норвегии в ее способности к адаптации. Это также означает, что получение новых знаний должно быть направлено на определение механизмов и процессов, на которые мы можем влиять легче всего.

В Норвегии до сих пор не предпринималось попыток изучить и провести оценку адаптации к изменениям климата. Некоторые крайне важные аспекты адаптации к изменениям климата рассмотрены в отдельных докладах под эгидой NorACIA, но эти проблемы являются настолько широкими и комплексными, что в этом докладе использованы результаты и других работ. Большинство докладов по этой теме имеют общий характер для того сектора или области, который является предметом их рассмотрения, и очень часто они дают недостаточную оценку географических различий в рамках конкретного сектора. В связи с этим тематический обзор в данном докладе также носит общий характер.

Уязвимость

Под уязвимостью системы, сектора экономики, местного сообщества или отдельного человека понимается выражение степени того, насколько они (отрицательно) чувствительны к влиянию изменений. Между адаптацией и уязвимостью существует тесная связь. Как правило, считается, что уязвимость определяется воздействием, чувствительностью и приспособляемостью к изменениям климата. В данном контексте под адаптацией понимаются действия, направленные на снижение уязвимости. В последние годы было сделано несколько научных попыток развития взглядов на уязвимость и адаптацию к изменениям климата, в особенности применительно к условиям в Норвегии. В них различаются три основных типа уязвимости:

1. Естественная уязвимость: природные процессы, на которые воздействуют изменения климата. Например, лавины, эрозия, паводки и изменения биоразнообразия.
2. Социально-экономическая уязвимость: социальные условия и процессы, которые влияют на уязвимость к изменениям климата. Примерами являются доля сотрудников занятых в отраслях, которые уязвимы к изменениям климата и доля объектов инфраструктуры и зданий, расположенных в лавиноопасных районах.
3. Институциональная уязвимость. Способность различных органов/учреждений реализовывать меры по адаптации к изменениям климата. Примерами являются доступ к опыту/экспертным знаниям и финансовым ресурсам для реализации мер по адаптации.

Приспособляемость

Под институциональной уязвимостью понимается не уязвимость органов/учреждений к изменениям климата, а то, что ограниченный институциональный потенциал способствует уязвимости к изменениям климата. Не следует понимать, что институциональная уязвимость и потенциал относятся только к органам государственного и местного управления, которые несут ответственность за решение проблем, связанных с изменением климата. Как бизнес, так и гражданское общество (местное население) являются общественными институтами, обладающими ресурсами и способностью влиять на уязвимость общества к изменениям климата.

Важно признать, что адаптация происходит в сложных ситуациях, в которых последствия, являясь результатом изменения климата, представляют собой лишь один из факторов, который население, отрасли промышленности, местные сообщества и политические и административные органы должны принимать во внимание. Поэтому крайне необходимо максимально понимать сложившуюся ситуацию, чтобы правильно и эффективно адаптироваться к изменениям климата.

Изменение климата проявляется как в виде изменения повторяемости экстремальных погодных явлений, таких как штормы, паводки, осадки и лавины, так и в виде медленных изменений физических факторов и систем в природе, которые, например, влияют на условия произрастания и ареалы распространения видов. Это означает, что имеются два вида усилий, направленных на адаптацию. Одно направлено на кризисное управление, а другое на долгосрочное планирование. Трудная проблема планирования возникает в случае неопределенности. Почти каждый фактор, имеющий значение для оценки изменения климата и усилий по адаптации к ним, сопровождается неопределенностью, которая также присутствует на нескольких уровнях.

Общие стратегии и меры по адаптации

Общим итогом этой работы является огромная необходимость в получении новых знаний о последствиях изменения климата, уязвимости общества и приспособляемости в разных секторах и на разных уровнях управления. На данном начальном этапе адаптации очень большое внимание уделяется как раз стратегиям и мерам, направленным на укрепление приспособляемости. Вопрос знаний - это не просто вопрос дополнительных исследований и экспертных оценок о научных аспектах изменений климата и их последствиях. Общим элементом обсуждения общественных проблем является необходимость определения заинтересованных сторон и имеющих у них потребностей в информации и знаниях. Для получения знаний об адаптации к климату и их дальнейшего развития необходимо сотрудничество экспертов и практиков, пользователей и жителей заинтересованных территорий. Особенно важно обеспечить получение знаний о конкретной местности или секторе, даже если они сами по себе прямо не связаны с изменениями климата.

Необходимо совершенствовать картирование и мониторинг изменения климата и их последствия на природу и общество путем разработки методов, моделей и индикаторов, продолжения и корректировки существующих и создания новых программ и способов мониторинга.

В целом, в секторе природопользования осуществляется значительный объем мониторинга, но лишь малая часть наблюдений за экосистемами на севере Норвегии пригодна для обнаружения любых различий, вызванных изменениями климата. В связи с этим предлагается усилить мониторинг путем концентрации усилий на тех элементах экосистемы, в которых можно ожидать значительных изменений; на уязвимых и глобально или национально редких видах или местах обитания.

Существует необходимость в осознании проблемы и получении дополнительных знаний об изменениях климата по всем вопросам готовности к чрезвычайным ситуациям и работы спасательных служб. Оборудование и ресурсы различных ведомств и служб должны быть приспособлены к решению проблем, которые ожидаются в результате изменений климата. Директорат по гражданской обороне и планированию действий в чрезвычайных ситуациях Норвегии видит необходимость налаживания сотрудничества региональных спасательных служб и администраций трех наиболее северных округов с соответствующими органами в регионах для организации систематической проверки средств готовности к чрезвычайным ситуациям на севере Норвегии.

Ожидается, что сокращение ледяного покрова приведет к росту морской активности вдоль побережья Норвегии и в районе Свальбарда. Это касается роста объемов морских перевозок нефти с северо-запада России, увеличения числа пассажирских круизов в район Свальбарда и прохода судов по Северному морскому пути и Северному Ледовитому океану. Сокращение площади морских льдов и другие последствия изменения климата, возможно, будут также способствовать росту добычи полезных ископаемых в прибрежных районах севера России и Канады, а их транспортировка, таким образом, вызовет дальнейший рост морских перевозок на севере. Все это приведет к ужесточению требований к мониторингу и к готовности к чрезвычайным ситуациям, как в части защиты от разливов нефти, так и в части обеспечения безопасности на

море. Существует конкретная потребность в создании морских карт участков акватории Свальбарда, ставших свободными ото льда в связи с изменениями климата, особенно для обеспечения безопасности круизных судов.

Закон о планировании и строительстве является важным инструментом решения климатических проблем в долгосрочной перспективе. Межсекторальный характер его положений, касающихся планирования землепользования, делает его особенно подходящим инструментом, позволяющим видеть различные сектора общества как единое целое. Наиболее важно, чтобы вопросы обеспечения безопасности общества в свете изменения климата были включены в планирование землепользования на муниципальном уровне. Чтобы выполнить эту задачу, органы местной власти должны иметь доступ к самой новой информации о тех потенциальных опасностях, с которыми можно столкнуться при развитии территорий. Основной трудностью является предоставление существующих знаний в подходящей форме. Перед руководителями округов будет стоять особая задача по передаче новых знаний местным органам власти и их предупреждению в том случае, если разработанные ими планы в недостаточной мере учитывают вопросы безопасности. В этом плане ключевая ответственность ложится на советы округов как региональные органы планирования.

Инфраструктура

Существует необходимость критического анализа состояния дорог и сетей энергоснабжения с точки зрения оценки их уязвимости к влияниям изменения климата. Для снижения уязвимости объектов инфраструктуры иногда будут требоваться новые материалы и конструктивные решения. Это также предоставляет промышленности норвежского сектора Арктики хорошую возможность разрабатывать различные технологии для холодного климата и технические решения некоторых проблем, вызванных его изменениями, которые впоследствии могут быть экспортированы.

Особую проблему на Свальбарде представляют все здания и объекты инфраструктуры, построенные на вечной мерзлоте. Таяние нескольких верхних метров многолетнемерзлых грунтов будет иметь серьезные последствия как для населенных пунктов, так и для других мест. Необходимо проводить исследования, чтобы выработать возможные пути решения этих проблем. Увеличение глубин протаивания также приведет к увеличению смещения грунтов и росту опасности схода лавин, а также увеличению объемов талых вод в шахтах и в рудниках.

Только 10% обширной сети главных дорог северной Норвегии отвечает требованиям сегодняшнего дня. В ответ на изменение климатических условий Управление дорог общего пользования Норвегии реализует 4-х летний проект (2007-2010 гг.) под названием «Климат и транспорт», целью которого является совершенствование норм и правил для планирования, проектирования, строительства и обслуживания дорог.

В Норвегии было принято ряд важных общих профилактических мер, направленных на снижение рисков связанных с морскими перевозками и некоторые из них особенно важны для северных регионов. Они включают в себя внесение изменений в использование судоходных линий и разделение движения по типам грузов. В результате теперь груженые нефтью танкеры проходят на большем расстоянии от берега, чем раньше. Также была усовершенствована система управления дорожным движением в сотрудничестве с Россией.

Что касается воздушного сообщения, было проведено обследование состояния грунта в аэропорту Свальбарда с целью оценки возможных последствий изменения климата.

Хорошее состояние сетей водоотведения и ливневой канализации является решающим для того, чтобы они смогли адекватно справиться с ростом количества и интенсивности осадков. Разделение ливневой и обычной канализации стало обычным в 1970-80 гг., но еще не во всех городах и застроенных территориях севера Норвегии такое разделение существует. Изменения климата повысят необходимость замены устаревших труб и потребуют инвестиций со стороны органов местной власти там, где сети еще не были модернизированы. При планировании работ по отведению поверхностных вод, определению размеров труб и обеспечению питьевого водоснабжения необходимо учитывать рост интенсивности осадков и изменения паводкового режима.

В настоящее время производство и передача электроэнергии в северной Норвегии сталкивается с серьезными проблемами, а изменения климата приведут к их значительному обострению. Большинство гидроэлектростанций на севере Норвегии были построены для удовлетворения местного спроса и поэтому проектировались с учетом маловодных лет и имеют значительный водосброс. Рост количества осадков означает увеличение перелива, что приводит к снижению использования энергетического потенциала и представляет опасность наводнений. Будет крайне важно провести оценку потенциальной площади затоплений. Прогнозируемый одновременно с этим рост потребления потребует от электростанций более эффективной работы с меньшим объемом перелива. Развитие ветроэнергетики и использование других возобновляемых источников энергии поможет дополнить гидроэнергетику. Для этого потребуется увеличение передающих мощностей. Необходимо принять меры по укреплению передающих сетей, чтобы справиться с более высокой снеговой нагрузкой, повышением повторяемости колебания температур около 0 °С (чередования оттепелей и заморозков) и усилением ветра.

Виды деятельности, основанные на использовании природных ресурсов

Изменения климата могут привести к ухудшению условий для пахотного земледелия во многих важных для сельского хозяйства районах земного шара, в то время как потенциал для производства на севере может увеличиться, что приведет к созданию здесь благоприятных условий для сельского хозяйства. Несмотря на то, что условия для сельскохозяйственного производства, вероятно, улучшатся, существует неопределенность относительно того, как эти условия будут распределены по территории, и каким будет суммарное влияние различных факторов, таких как увеличение частоты и продолжительности мягких периодов в сочетании с увеличением количества снега. Вместе с изменением условий для роста и появления вредителей это означает, что требуются дополнительные исследования как для оценки последствий изменения климата, так и адаптации к ним. Последнее будет включать разведение новых сортов растений, использование удобрений и растениеводство, а также сохранение растений.

Леса и лесные почвы являются ценными резервуарами для хранения углерода. Растущий лес поглощает CO₂, и активная работа в сфере управления лесным хозяйством может способствовать увеличению поглощения этого газа. Повышение температуры, более долгий вегетационный период и рост содержания CO₂ и удобрения азотом из атмосферы – все эти факторы будут способствовать росту продуктивности биомассы. Более теплый климат, однако, приведет к росту ущерба наносимого лесам насекомыми.

Оленеводство является одним из видов деятельности в норвежском секторе Арктики, влияние изменения климата на который наиболее изучено. В этом докладе рассмотрены вопросы адаптации к изменениям растительного покрова, изменений в адаптации к зимнему выпасу и к балансу при использовании сезонного выпаса, адаптации по разные стороны государственных границ, структуры стад и подкормке.

Было проведено несколько исследований по оценке последствий изменения климата на политику в сфере рыбного хозяйства. В общем, очевидна крайняя важность того, чтобы управление рыбным хозяйством способствовало поддержанию здоровых рыбных запасов. Исследования показывают, что в обозримом будущем выбор режима управления будет важнее, чем последствия изменения климата. Однако текущие инструменты управления недостаточно динамичны, чтобы справиться с изменением природным условий, и поэтому их необходимо совершенствовать.

Изменение климата, вероятно, будет означать, что по сравнению с сегодняшним днем наиболее подходящие места для аквакультуры, связанной с разведением традиционных видов рыб, сдвинутся на север. Смена места деятельности будет одним из видов адаптации. Эта отрасль также, возможно, сможет реализовать более активные стратегии, такие как селекция и генетическая модификация или разработка новых технологий выращивания рыбы в садках. Увеличение повторяемости экстремальных погодных явлений будет требовать более прочных конструкций, и таким образом стимулировать разработку нового оборудования для этой отрасли.

Туризм должен приспособиться к изменившимся климатическим условиям, включая сокращение зимнего сезона и увеличение влажности и температуры воздуха в летний период. Места зимнего

отдыха, находящиеся в зоне неустойчивого снежного покрова и труднодоступные для общественного транспорта, могут считаться вдвойне уязвимыми - как к воздействиям изменения климата (сокращение снежного сезона), так и к мерам климатической политики (повышение налогов на транспорт).

Здоровье населения и окружающая среда

Считается, что в случае глобального и локального потепления наибольшую опасность для здоровья населения представляет рост заболеваемости болезнями, передающимися носителями, такими как комары и клещи. Также наиболее вероятно, что ураганы станут причиной бóльшего числа несчастных случаев и гибели людей в Норвегии. Ключевыми факторами, которые снижают воздействие изменения климата на здоровье населения, являются общее состояние здоровья и чувствительность населения, воздействие изменения климата, и правильная организация государственного здравоохранения, включая домашний уход за больными.

Директорат природопользования рассмотрел вопрос как следует реагировать на влияние изменения климата и адаптироваться к ним в сфере природопользования. Отдельные виды мер аналогичны для некоторых областей, с которыми связано природопользование. Также не менее важно учитывать вопросы изменения климата при общем экосистемном подходе к природопользованию, рассматривая климат в контексте других факторов, влияющих на биоразнообразие и отдых на природе, и использовать эти знания в процессе планирования.

Работа по анализу последствий изменения климата и адаптации к ним применительно к сохранению объектов культурного наследия продвинулась не так далеко, как работы по сохранению окружающей среды. В случае Свальбарда достаточно очевидно, что потепление климата приведет к более быстрому разрушению охраняемых зданий и объектов, и это потребует новых стратегических подходов по сравнению с текущей практикой охраны в холодном сухом климате. Почти все объекты культурного наследия на Свальбарде находятся на береговой полосе или рядом с ней, и подъем уровня моря и увеличение повторяемости и силы штормов приведут к увеличению эрозии. Вероятно, потребуются дополнительные археологические раскопки, а также охрана и/или перенос зданий и объектов. Важно внимательно наблюдать за влиянием изменения климата на Свальбарде, чтобы как можно раньше выбрать правильные стратегии охраны.

Особенно уязвимые регионы и группы

Изменения климата бросают вызов гибкости и приспособляемости, при помощи которых коренные народы из поколения в поколение справлялись с изменениями окружающей среды. Поэтому коренные народы сталкиваются с огромными экономическими и культурными последствиями изменения климата. Исследования показывают, что потенциал адаптации малых и уязвимых групп и сообществ следует рассматривать в свете того, что управление и адаптация происходят в многоуровневых системах, где их возможности по адаптации во многих случаях ограничиваются политическими решениями на региональном, государственном и международном уровнях. Поэтому приспособляемость обретает дополнительную важность, в то время как прозрачность и информирование могут подготовить почву для институционального изучения.

В некоторых исследованиях в рамках NorACIA была сделана попытка оценить институциональную уязвимость органов местной власти. За основу для опросов были взяты следующие вопросы: экономические ресурсы, экспертные знания и опыт, способность действовать упреждающе, способность реагировать и «жизнь интересами местного сообщества». Эти категории могут быть полезны при определении того, на чем следует сконцентрировать свое внимание органам местной власти при наращивании своего потенциала к адаптации.

Вывод

Существуют значительные различия в том, насколько мы продвинулись в адаптации к изменениям климата в разных вопросах и секторах. Существует очевидная необходимость поиска более надежных способов определения уязвимости к изменениям климата и разработки возможных мер адаптации. Это касается местных сообществ, секторов экономики и сферы управления. Неопределенность связана с некоторыми факторами и условиями, которые должны формировать

основу для выбора стратегий и мер для адаптации. Разумно обратить большее внимание на разработку методов сокращения подобной неопределенности. Принимая во внимание ограниченность средств для проведения оценок уязвимости и разработки стратегий и мер для адаптации, следует также разработать методы для определения приоритетности тех или иных территорий, уровней, секторов и вопросов.