

О КЛИМАТОРЕГУЛИРУЮЩИХ ФУНКЦИЯХ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ И РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ В АРКТИЧЕСКОМ БАССЕЙНЕ. МЕРЫ ПО АДАПТАЦИИ И СНИЖЕНИЮ РИСКОВ

С.Г.Шапхаев

Восточно-Сибирский государственный технологический университет, Улан-Удэ, Россия

Аннотация

Оценивается влияние речного стока, бореальных и притундровых лесов на изменчивость климата. Предлагаются меры по сохранению естественных водных циклов на суше как стабилизатора климатических изменений в Арктике.

CLIMATE REGULATING FUNCTIONS OF BOREAL FORESTS AND RIVER ECOSYSTEMS IN THE ARCTIC BASIN. ADAPTATION AND RISK MITIGATION MEASURES

S.G.Shapkhayev

East-Siberian State Technological University, Ulan-Ude, Russia

Summary

The author assesses the impact of river runoff and boreal and sub-tundra forests on climate change and proposes measures to preserve natural water cycles on land as a stabilizer of climate changes in the Arctic.

Введение

В данной обзорной статье хотелось обратить внимание сообщества неправительственных организаций, организаций коренных народов и политиков на существование помимо парникового эффекта других механизмов функционирования климатической системы, которые необходимо учитывать при планировании и регулировании хозяйственной деятельности, оказывающей воздействие на климат. Речь идет о климаторегулирующих функциях природных экосистем как в океане, так и на суше, антропогенное воздействие на которые не достаточно или вовсе не учитывается в существующих международных соглашениях по изменению климата. Преодоление излишне гипертрофированного внимания к вопросам регулирования выбросов парниковых газов в ущерб к регулированию антропогенной деятельности, оказывающей негативное воздействие на свойства подстилающей поверхности (парниковый синдром), является, по мнению автора, одной из важнейших задач при

подготовке постКиотских соглашений Рамочной конвенции по изменению климата (РКИК).

Предлагаемая заметка базируется на информации из Четвертого Доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата – МГЭИК, 2007г(ЧДО)/the Fourth Working Groups of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) , где систематизированы научные публикации по 2006г. и экспертном докладе «Воздействие потепления в Арктике», 2004/ACIA, Impacts of Warming: Arctic Climate Impact Assessments. Cambridge University Press, 2004(далее- Арктический доклад). В фигурных скобках даны ссылки на соответствующие разделы ЧДО, а в ссылках на Арктический доклад указаны номера страниц резюме русской версии доклада (редакторы русского издания: Ю.С. Цатуров и А.И. Данилов. Переводчики: В.Е. Лагун, С.В. Яговкина).

За прошедший период со времени выхода Третьего доклада МГЭИК в 2001г.(ТДО) сводка научных знаний о климате расширилась и видоизменилась, в частности, больше внимания стало уделяться механизмам «обратных связей» в системе океан-атмосфера-суша, которые играют весьма важную роль в процессах функционирования климатической системы наряду с парниковым эффектом. Это позволяет заинтересованной общественности и политикам по новому взглянуть на роль антропогенного фактора (в частности, бореальных лесов и речных экосистем) в функционировании климатической системы и выделить новые приоритеты в подготавливаемых в настоящее время постКиотских соглашениях.

Об изменчивости климата

В широком смысле, климат представляет собой «состояние *климатической системы*, в том числе ее статистическое описание». В свою очередь *климатическая система* определяется как «сложная система, состоящая из пяти важнейших компонент: атмосферы, гидросферы, криосферы, поверхности суши и биосферы и взаимодействий между ними».

« *Изменчивость климата* означает колебания среднего состояния и других статистических параметров *климата* (таких, как среднеквадратичные отклонения, наступление экстремальных явлений и т.п.) во всех *временных и пространственных масштабах*, помимо масштаба отдельных метеорологических явлений.

Изменчивость может быть обусловлена естественными внутренними процессами в самой *климатической системе*(*внутренняя изменчивость*) или колебаниями *естественного* или *антропогенного внешнего воздействия* (*внешняя изменчивость*)».

На *климат региона* влияют воздействия регионального и локального масштаба, такие как топография, характеристики *землепользования*, озера и т.д., а также удаленные воздействия других регионов. Регион –это территория, характеризующаяся конкретными географическими и климатологическими особенностями.

(Четвертый доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата, 2007, прил.1 «Глоссарий»).

Есть другие близкие определения климата, например Мони́на А.С, как «статистического ансамбля состояний системы атмосфера-океан-суша или статистического режима короткопериодных колебаний гидродинамических полей, описывающих это состояние» или Е.Е. Федорова, представлявшего климат как «статистический ансамбль состояний погоды». По определению Всемирной метеорологической организации (ВМО), классическим периодом для усреднения этих переменных (параметров гидродинамических полей) считается 30 лет. Именно таким выбран минимальный период усреднения для средних величин статистического ансамбля параметров климата. Выбор этого числа является достаточно условным, иногда в ЧДО используется и период усреднения 20 лет.

Изменчивость климата региона или регионального климата отражает пространственная изменчивость климата, которая может варьироваться в довольно широких пределах.

Инерция изменения климата

Тропосфера подстраивается под изменения в своих граничных условиях во временных масштабах приблизительно короче месяца. Верхние слои океана реагируют на временных шкалах от нескольких лет до нескольких десятилетий, а время реакции нижних слоев океана и ледовых щитов – от нескольких столетий до нескольких тысячелетий. Когда радиационное воздействие меняется, внутренние свойства атмосферы, как правило, быстро подстраиваются. Однако, поскольку атмосфера сильно связана со слоем перемешивания океана, который, в свою очередь, связан с более глубоким слоем океана, то для того, чтобы атмосферные переменные пришли в равновесие, требуется очень много времени. В те длительные периоды, когда приземный климат меняется очень медленно, можно считать, что атмосфера находится в квазиравновесном состоянии, и большая часть энергии поглощается океаном, так что поглощение тепла океаном – *основная мера изменения климата*. { Вставка TS.9. 1 0.7} – с. 73

Энергоактивные зоны

Поглощение тепла океаном происходит весьма неоднородно в пространстве.

Изменчивость регионального климата тесно связано с с понятием энергоактивных зон или

«преимущественных режимов изменчивости» в океане, где процессы энергообмена между океаном и атмосферой интенсифицированы. Вот некоторые из наиболее известных энергоактивных зон:

- Эль-Ниньо - Южное колебание (ЭНСО), сопряженная флуктуация в атмосфере и экваториальной части Тихого океана, с преимущественными временными масштабами от 2 до 7 лет. ЭНСО часто измеряют разницей аномалий приземного давления между Таити и Дарвином, а также значениями температуры поверхности моря (ТПМ) в центральной и восточной экваториальных частях Тихого океана. ЭНСО имеет глобальные дальние корреляционные связи.

-Северо-Атлантическое колебание (САК), мера силы исландского минимума и азорского максимума, а также западных ветров между ними, в основном зимой. САК связывает флуктуации в траекториях циклонов, температуре и осадках из Северной Атлантики в Евразию { см.вставку TS.2}

- Северный кольцевой режим (СКР), зимняя флуктуация в амплитуде режима, характеризуемого низким приземным давлением в Арктике и сильными среднеширотными западными ветрами. СКР имеет связи с северным полярным вихрем и, следовательно, со стратосферой.

- Южный кольцевой режим (ЮКР), флуктуация режима, характеризуемого низким антарктическим приземным давлением и сильными среднеширотными западными ветрами, аналогичное СКР, но присутствующее круглый год.

- Тихоокеанско-Североамериканский (ТСА) режим, атмосферный крупномасштабный волновой режим, включающий последовательность тропосферных аномалий высокого и низкого давления, простирающийся с субтропической западной части Тихого океана до восточного берега Северной Америки.

- Тихоокеанское десятилетнее колебание (ТДК), мера ТМП в северной части Тихого океана, очень сильно взаимосвязанная с Северным тихоокеанским индексом (СТИ), мерой глубины алеутского минимума. Ее признаки, однако, присутствуют в большей части Тихого океана.

Характерный масштаб времени квазипериодических колебаний климата, вызываемых этими центрами энергообмена в системе океан-атмосфера-лед – 2-3 года, 5-7 лет и 9-11 лет.

Степень, в которой все эти преимущественные режимы изменчивости могут считаться истинными видами климатической системы, является темой активных исследований. Есть, однако, доказательства того, что их существование может привести к региональным реакциям на воздействие, имеющим большую амплитуду, чем ожидалось бы в противном случае. В частности, количество наблюдаемых в 20 веке изменений климата можно рассматривать исходя из изменений в этих режимах. Поэтому важно проверить способность компьютерных моделей климата имитировать эти преимущественные режимы (см. раздел TS.4, вставка TS.7) и учесть степень, до которой наблюдаемые изменения, связанные с режимами изменчивости, зависят от внутренней изменчивости или от антропогенного изменения климата.

{ Вставка TS.2– с.41. 3.6, 8.4 }

Обратные связи

Арктика оказывает особое влияние на глобальный климат. Годовая сумма приходящей от солнца энергии является наибольшей вблизи экватора и наименьшей вблизи полюсов. Далее, из-за того, что значительная часть территории Арктики покрыта снегом и льдом, доля приходящей солнечной энергии, отражаемая назад в космос, здесь более значительна, чем в низких широтах, где наибольшая часть этой энергии поглощается поверхностью земли. Если бы не было переноса тепла атмосферой и океаном от тропиков к полюсам, тропики бы нагревались сильнее, а полярные регионы были бы гораздо холоднее, чем это наблюдается. В Северном полушарии основной вклад в океаническую часть этого переноса энергии вносит Атлантический океан, и поэтому, процессы, происходящие в Арктике, обладают потенциальной возможностью оказывать значительные воздействия на интенсивность циркуляции Атлантического океана. Существует три основных механизма, или так называемые “обратные связи”, посредством которых процессы, происходящие в Арктике, могут приводить к дополнительным изменениям климата на планете. Один из них наиболее известных включает в себя изменение отражательной способности поверхности вследствие таяния снега и льда и изменений растительного покрова, второй – изменения океанической циркуляции вследствие таяния арктического льда и поступления пресной воды в океаны, и третий – изменения количества парниковых газов, выбрасываемых в атмосферу с поверхности суши при прогрессирующем потеплении (Арктический доклад, с. 34). Второй механизм

никак не связан напрямую с парниковым эффектом (прил.1) и частично зависит от состояния лесных экосистем, а третий – взаимосвязан с лесами и тундрой (прил.2).

Пороговые значения

Существует много различных пороговых ситуаций в природе Арктики, при переходе через которые могут наступить значительные последствия для региона и мира в целом. Так как обусловленное деятельностью человека потепление продолжается, для различных арктических систем существует возможность резкого перехода в новые или необычные состояния. Исторические ряды данных о климате Арктики свидетельствуют, что иногда такие изменения происходили резко (за несколько лет), а иногда постепенно (за несколько десятилетий и более).

Предварительный сигнал из Северной Атлантики о начале замедления глубиной циркуляции океана является примером возможного порога, который может быть перейден. Если эта тенденция продолжится, то перенос тепла океаном из тропиков на север, что сейчас смягчает зимы в Европе, может значительно ослабеть (Арктический доклад, с. 33).

Леса и речной сток как климаторегулирующие факторы

Северный Ледовитый океан является океаном, наиболее подверженным влиянию стока рек, получая 11% мирового стока рек, при этом он содержит только 1% мирового объема морской воды. Вклад в суммарный речной сток наиболее крупных сибирских рек (Енисей, Лена, Обь, Колыма – представлены в порядке уменьшения стока) составляет 70% , северо-европейских (Печора и Северная Двина) – 10% и северо-американских (Маккензи, Юкон) – 20%.

За последние 100 лет наблюдается повсеместное увеличение потоков пресной воды, приносимой реками в Северный Ледовитый океан, наибольшее увеличение происходит в зимний период и с 1987 года, что соответствует наибольшему росту температуры воздуха. Наступление весеннего максимума стока наблюдается раньше на многих реках Арктического бассейна. (Арктический доклад, с. 37) .

Влияние пресного стока рек на положение кромки арктического льда с учетом эффектов термохалинной циркуляции исследовалось посредством диагностических и прогностических численных гидродинамических моделей для Арктического бассейна достаточно давно (Пономарев, 1977; Семтнер, 1979; Пономарев и др., 1981; Захаров, 1982). Однако, экспериментальное подтверждение влияния речного стока на изменение климата и оценка антропогенного вклада в этот процесс по данным длительных рядов гидрометеорологических наблюдений было получено сравнительно недавно.

В работах (Ponomarev, et al., 1999, 2003; Пономарев и др., 2000, 2007) проводились исследования региональных изменений климата, включая оценку климатических трендов температуры воздуха, атмосферных осадков в Северо-Восточной Азии, на Аляске и температуры поверхности океана(ТПО) в северо-западной части Тихого океана в 20-м столетии и второй его половине. В эту задачу входила и оценка сезонности трендов отмеченных характеристик и тенденций изменения температурных контрастов субарктика - субтропики в океане и температурных контрастов океан-материк. В частности, для оценки климатического тренда и многолетних колебаний стока реки Амур использовались временные ряды среднемесячных расходов реки Амур в Хабаровске (1872-2002) и с. Богородском (1900-1987гг) и длительные ряды наблюдений за осадками. Анализ и сопоставление этих данных в зимнее и летнее время выявил влияние Зейской ГЭС и антропогенный эффект расширения хозяйственной деятельности человека в бассейне р. Амур. Этот эффект связан с увеличением площади вырубки леса и ростом испарения, а также с существенным увеличением изъятия вод реки в теплый период года.

Прямое экспериментальное подтверждение влияния речного стока на региональные изменения климата было получено в работе (Ponomarev et al, 2005) по бассейну р. Амур , где установлена взаимосвязь между изменениями речного стока и ледовитостью Охотского моря.

Аналогичные выводы, базирующиеся на предположениях качественного характера, были получены в работе (Daqing Yang, et al., 2004), где анализировались тренды расходов рек бассейна Енисея и атмосферных осадков по длительным рядам наблюдений. В частности, выявлены закономерности изменения расхода рек Енисей и Ангара, в результате строительства Ангаро-Енисейского каскада ГЭС и высказана гипотеза о возможном влиянии этого изменения на региональные характеристики климата. Ранее закономерности влияния Анагаро-Енисейского каскада плотинных ГЭС на режим гидрологического стока и гидробиологические характеристики Енисея исследовался в работах (Атлас Красноярского края и республики Хакассия под ред. Иванова В.И., 1994; Воробьева С.С., 1995; Примаиченко А.Д., Шевелева Н.Г., Покатилова Т.Н. и др., 1993) и были обобщены в работе (Чмаркова Г.М., 2005), см. также статью Гайденок Н.Д. и др. в настоящем сборнике.

Общеизвестна стабилизирующая роль лесов в поддержании естественного гидрологического режима речных систем. И эта важная экосистемная функция бореальных и притундровых лесных экосистем многократно возрастает для рек Арктического бассейна в силу описанных выше причин.

Если ранее в задачах изменения климата роль лесов рассматривалась исключительно через призму парникового эффекта и основное внимание уделялось депонирующей способности лесов поглощать двуокись углерода, то в настоящий момент появляется возможность учитывать их экосистемные функции (в первую очередь водорегулирующие и водоформирующие) в приложении к задачам климата через механизмы обратных связей в климатической системе. Речь идет преимущественно о бореальных (таежных) и притундровых лесах Арктического бассейна, около 60% процентов которых находятся на территории России (ФАО, 2005), остальные - на территории Скандинавских стран, США и Канады.

Таким образом, поддержание стабильности гидрологического режима рек Арктического бассейна, где бореальные и притундровые леса играют важную стабилизирующую роль, гарантирует от резких катастрофических изменений климата при переходе через пороговые значения, напрямую связанных с механизмами «обратной связи» функционирования климатической системы. При оценке возможных последствий строительства новых ГЭС в Арктическом бассейне необходимо учитывать влияние подобных «проектов века» на климатическую систему через механизмы «обратной связи». К сожалению, в энергетических проектах, связанных с реализацией РКИК, этот аспект плотинных ГЭС не учитывается, хотя по своим последствиям для климатической системы он может быть вполне сопоставим или гораздо более значимым, чем вклад от изменения баланса парниковых газов вследствие изменения депонирующей способности лесов и ограничения антропогенных выбросов парниковых газов.

Меры по адаптации и снижению рисков перехода через пороговые значения

Рост понимания роли механизмов «обратных связей» в функционировании климатической системы предопределяет изменение политики в отношении таких видов антропогенной деятельности как сведение (обезлесивание) бореальных и притундровых лесов и регулирования речного стока в следующих направлениях:

На международном уровне

- Инициирование и продвижение в ходе международных переговоров задачи учета всех климаторегулирующих функций экосистем, включая и функции по регуляции водного цикла на суше.

- Инициирование и активное участие в международных усилиях по интеграции задач в области климатической политики и сохранения биоразнообразия с учетом интересов наиболее уязвимых социальных групп населения, в первую очередь коренных народов и местных сообществ, проживающих в поясе бореальных и притундровых лесов .

На национальном уровне

- Переход к национальной экологическоцентрической концепции природопользования , которая обеспечит комплексный учет в процессе принятия политических и экономических решений ценности всех экосистемных функций, включая климаторегулирующие.

В части бореальных и притундровых лесов необходимо:

- продолжить исследование и прогнозирование происходящих трансформаций бореальных и притундровых лесов в результате изменений климата с использованием методов дистанционного зондирования и геоинформационных технологий;
- разработать основы политики ведения лесного хозяйства на ландшафтной основе в бореальных и притундровых лесах с учетом их климаторегулирующих функций и внести соответствующие изменения в нормативно-правовую базу на федеральном уровне;
- усиление контрольных и надзорных функций в области лесного хозяйства, повышение ответственности за нарушение лесного законодательства в сочетании с мерами социально-экономического характера через продвижение климатических проектов совместного осуществления путем совершенствования нормативно-правовой базы федерального уровня.

В части регулирования речного стока необходимо:

- провести мероприятия по экологизации уже существующих ГЭС путем исправления ситуации в уже нарушенных речных бассейнах (прежде всего в части экологического стока\попуска и уровня режима водохранилищ, создание условий для прохода рыб), где главной задачей должен стать выбор такого режима эксплуатации ГЭС, который максимально бы соответствовал естественному гидрологическому режиму речных экосистем;
- использовать комплексный процесс объединения планирования гидроэнергетики и охраны природы на бассейновом уровне, итогом которого должны быть показатели (индикаторы) общественной эффективности инвестиционных проектов как критерии пригодности (или непригодности) для общества предлагаемых проектов в области гидроэнергетики;
- при проектировании плотинных ГЭС оценивать и учитывать экстремальные аномалии погоды и климата, усилившиеся в последние десятилетия;
- включение требований по учету климаторегулирующих функций речных экосистем в процедуру ОВОС и экспертиз крупных плотинных ГЭС на реках Арктического бассейна

На региональном и местном уровнях:

В части бореальных и притундровых лесов необходимо:

- внести изменения в Планы ведения лесного хозяйства субъектов РФ и лесохозяйственные регламенты лесхозов Арктического бассейна с учетом ценности водоохраных и

водоформирующих лесов в бассейнах наиболее крупных рек Сибири, Дальнего Востока и Севера европейской части России;

-активнее использовать финансово-экономические механизмы Киотского протокола для создания благоприятного инвестиционного климата в части поощрения проектов по сохранению климаторегулирующих функций лесов(проекты совместного осуществления и др.).

В части регулирования речного стока необходимо:

- учесть требования по сохранению климаторегулирующих функций речных экосистем в региональных и муниципальных среднесрочных и долгосрочных программах социально-экономического развития и планах мероприятий по реализации Климатической доктрины РФ.

Приложение 1

Вторая обратная связь: циркуляция океана.

Второй обратной связью, посредством которой процессы, происходящие в Арктике, могут усиливать изменения глобального климата, является изменение циркуляционных систем океана. Один из способов переноса солнечной энергии от экватора к полюсам – глобальный перенос океанических вод, изначально управляемый перепадами содержания тепла и соли, известный как термохалинная циркуляция (“термо” – тепло и “халин” – соль).

В настоящее время теплое течение Гольфстрим, проникающее далеко на север Атлантического океана, нагревает атмосферу и приносит наибольшую часть влаги, которая выпадает в виде осадков над Северной Европой. При движении на север воды океана становятся холоднее и плотнее до тех пор, пока не станут тяжелее нижних слоев воды и не опустятся глубоко в океан. Такое опускание вод, наблюдаемое, главным образом, в морях на севере Северной Атлантики и в Лабрадорском море, и управляет глобальной термохалинной циркуляцией (иногда этот процесс называют “конвейерной лентой”). Такое опускание плотной морской воды заставляет более теплые воды перемещаться к северу, помогая доставлять туда тепло, которое делает зимы в Европе теплее, чем в регионах Северной Америки, расположенных на тех же широтах. Образование морского льда также делает приповерхностные воды более солеными и плотными, так как при образовании льда выделяется соль. В мелких прибрежных морях такая вода становится достаточно соленой и плотной, чтобы опуститься вниз. Затем вдоль континентального шельфа она стекает в глубины океана, внося вклад в формирование глубинных вод и в дальнейший перенос на

север тепла из тропиков. Этот процесс тонко сбалансирован; если вода станет менее соленой вследствие поступления пресной воды, приносимой стоком рек и осадками, или, если температура не опустится достаточно низко для формирования морского льда, то скорость образования донных вод упадет, и меньшее количество тепла из тропических регионов будет переноситься океаном к северу и смягчать зимы в Европе.

Замедление термохалинной циркуляции может иметь несколько важных глобальных последствий. Так как перемешивание океана является важным механизмом переноса углекислого газа в глубины океана, замедление этой циркуляции позволит концентрации углекислого газа в атмосфере расти быстрее, обуславливая более интенсивное и продолжи-

тельное глобальное потепление. Замедление этой циркуляции океана может также привести к замедлению переноса на север тепла течениями Атлантического океана, тем самым замедляя скорость потепления в регионе и, возможно, вызывая региональное похолодание в течение нескольких десятилетий, даже если вся остальная планета будет испытывать быстрое потепление.

Замедление формирования глубинной воды в Арктике приведет также к уменьшению объемов холодной воды и питательных веществ, повсеместно поднимающихся к поверхности восходящими движениями термохалинной циркуляции. Это может увеличить скорость роста уровня моря (вследствие большего термического расширения), снизить поступление питательных веществ для морской поверхностной биоты и уменьшить перенос углерода в глубины океана, который происходит при опускании на дно содержащих углерод живых организмов после их гибели. Таким образом, то, что может произойти в Арктике, будет иметь последствия во всем мире (Арктический доклад, с.37.)

Приложение 2

Третья обратная связь: эмиссии парниковых газов

Третья обратная связь, посредством которой процессы, происходящие в Арктике, могут влиять на изменение глобального климата, это изменение процесса обмена парниковыми газами между атмосферой и арктическими почвами и осадочными породами, которые, вероятно, будут затронуты при потеплении воздуха и воды.

Поступление метана и углекислого газа от вечной мерзлоты

Углерод в настоящее время находится в связанном состоянии как органическое вещество в слое вечной мерзлоты (замерзшая почва), присутствующей на большей части

территории Арктики. Огромные количества углерода аккумулированы в обширных торфяных болотах Сибири и некоторых частей Северной Америки. В течение лета, когда поверхностный слой вечной мерзлоты оттаивает, органическое вещество этого слоя разлагается, высвобождая метан и углекислый газ в атмосферу.

Потепление приводит к увеличению количества высвобождаемого газа и может создать положительную обратную связь, при которой более сильное потепление будет приводить к дополнительному высвобождению парниковых газов, что вызовет еще большее потепление и т.д.

Возможная величина такой эмиссии газа зависит от влажности почвы и многих других факторов, и, таким образом, включает значительные неопределенности.

Метан и углекислый газ в лесах и тундре

Северные леса и арктическая тундра содержат в себе один из самых больших запасов углерода на суше, преимущественно в виде растительного материала в лесах и в виде почвенного углерода в тундре. Метан улавливает и задерживает тепло в земной атмосфере почти в 23 раза сильнее углекислого газа (при приведении к 100-летнему временному горизонту). Метан образуется при разложении материала отмерших растений во влажных почвах, таких как болота и тундровые озера. Поступление метана в атмосферу, в общем случае, возрастает при росте температуры и количества осадков, хотя в районах, где наблюдается засуха, метан может поглощаться лесами и тундровыми почвами.

Углекислый газ поступает в атмосферу при процессах разложения, происходящих в почвах в более сухих районах и при горении деревьев в лесах. Рост температуры приведет сначала к более быстрому разложению, но вероятная замена арктической растительности на более продуктивную растительность юга, как ожидается, приведет к увеличению поглощения углерода, за исключением непригодных и, в частности, засушливых областей. Не известно, будет ли чистый эффект от этих изменений состоять в возрастании суммарного поглощения углерода при происходящем изменении климата, хотя последние исследования предполагают, что в Арктике, в целом, более продуктивные виды растительности увеличат запас углерода в экосистемах (Арктический доклад, с.38).

Литература:

Глобальные и региональные проблемы устойчивого развития мира. Материалы международной конференции ЮНЕСКО. – Улан-Удэ, 2010. - 391с. (в печати)

