



РЕГИОНЫ РОССИИ: локальные последствия глобального потепления

Происходящие глобальные изменения климата вызывают обеспокоенность его последствиями. Чрезвычайно важен прогноз некоторых природных ресурсов, состояние которых обусловлено климатическим режимом, и оценка того, насколько серьезные изменения могут произойти при глобальном потеплении XXI века. Данная работа проведена для Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири, поскольку предлагаемая методика применима (в силу особенностей математического моделирования климата) в первую очередь к обширным равнинным территориям.

Для характеристики ресурсообеспеченности применяются различные показатели и критерии, однако далеко не все они могут быть оценены с надлежащей надежностью по имеющемуся эмпирическому материалу и данным моделирования. В результате исследования этой проблемы был отобран достаточно небольшой блок тех ресурсов, динамика которых в будущем столетии может быть достоверно определена. Все расчеты и оценки выполнены в рамках определенного сценария развития климата будущего, так что в более широком смысле слова представленные результаты достоверны в той степени, в какой будущее развитие мира будет соответствовать этому сценарию.

Основой для прогнозов послужили данные моделирования климата, осуществленные ведущими в этой области коллективами, в том числе специалистами географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Финансирование данной работы осуществлялось Федеральным агентством Российской Федерации по науке и инновациям в рамках государственного контракта, а также Российским фондом фундаментальных исследований в виде грантов.

Программа оценки и сравнения климатических моделей PCMDI (Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison) и Рабочая группа по совместному моделированию атмосферы и океана

WGCP (Working Group on Coupled Modelling) любезно предоставили возможность работы с базой данных CM1P3 (Coupled Model Intercomparison Project, Phase 3). Поддержка этой базы данных осуществляется Научным управлением Департамента энергии США.

* * *

Природные ресурсы каждой страны или региона включают ресурсы, которые связаны с состоянием климата. Это не только чисто климатические ресурсы, но и те, которые в определяющей степени зависят от состояния климата. Всех их будем для определенности называть климатически обусловленным (и зависимыми) природными ресурсами (КоПР). Количественно они выражаются функциями от температурно-влажностных условий, гидрологического режима рек и водохранилищ, режима освещенности, состояния вечной мерзлоты и др. Используемые для описания КоПР показатели специфичны, так как во главу угла ставится не характеристика климата, а определение ресурсных (потенциальных) возможностей фактора с точки зрения экономики или экологии. В каких-то случаях одна и та же климатическая величина может использоваться по-разному при характеристике различных КоПР.

Рассматривая эту проблему под другим углом зрения, можно выделить климатозависимые отрасли хозяйства, которые тесно связаны с состоянием погоды и климата. Это прежде всего агропромышленный комплекс, в котором затраты на производство сельскохозяйственной продукции определяются соответствующим набором КоПР. В аналогичной ситуации находятся лесное, рыбное, охотничье хозяйства. Далее следует назвать топливный комплекс — здесь в первую очередь важны термические ресурсы территории, определяющие режим отопления, работу вентиляционных устройств и холодильных установок. КоПР играют заметную роль в энергетическом комплексе, определяя такой его компонент, как гидроэнергетика, ветроэнергетика и др., нетрадиционная

энергетика. Важную роль играет экологическая компонента КоПР, отражающая ту их часть, которая ответственна за здоровье и, наоборот, риски заболеваемости населения. В перечень следует включить водные ресурсы, учет КоПР в строительстве, в планировании и эксплуатации транспортных сетей, туризме и рекреационном использовании территорий и др.

При изменении климата происходит изменение КоПР. Это могут быть (в перспективе) как благоприятные, так и неблагоприятные изменения, однако в любом случае в ближайшем будущем они влекут за собой перестройку соответствующих экономических условий и традиций. Оба эти обстоятельства (долгосрочное и краткосрочное) должны быть учтены при планировании и выборе соответствующих средств реализации планов.

Изменения климата сильно территориально дифференцированы. Это создает регионально-дифференцированную реакцию на изменение климата различив природных систем, а они в свою очередь определяют рамочные условия в динамике территориальных природно-хозяйственных систем.

Осознание данной парадигмы определило иерархическую структуру технологии прогноза ресурсообеспеченности, состояния климатически зависимых отраслей хозяйства, экологии с учетом территориальной дифференциации. Этим создается научная база для экономических, социальных, демографических и экологических прогнозов. В основе лежит прогноз состояния климата. Таким образом, климатические переменные, иллюстрирующие ожидаемые изменения, служат для оценки более сложных комплексных показателей, характеризующих условия увлажнения определенных территорий, изменения речного стока, состояние термического режима почвы и др. Эти величины используются в свою очередь для оценки изменений водных ресурсов, состояния вечной мерзлоты, биопродуктивности, заболеваемости и др. Далее оказывается возможным определить тенденцию ожидаемых изменений в сельском

хозяйстве, жилищно-коммунальном хозяйстве и др., и рекомендовать (или хотя бы наметить) некоторые адаптационные меры, которые должны быть приняты, для того чтобы переход к новым условиям проходил с наименьшими потерями и обеспечивал условия устойчивого развития.

Решение всей задачи базируется на прогнозе глобального климата и состояния климатических условий в конкретных регионах. Отметим, что в иностранных публикациях, посвященных моделированию будущих изменений климата, вместо термина «прогноз» (prediction) обычно используется менее жесткий термин (projection), адекватный перевод которого на русский язык применительно к задачам прогноза несколько затруднителен. Здесь мы эти различия не будем принимать во внимание и будем использовать привычный термин «прогноз».

В настоящее время существует только одна научно разработанная концепция будущего состояния климата — теория антропогенно обусловленного глобального потепления за счет усиления парникового эффекта атмосферы, в которой антропогенная составляющая сопрягается с естественными колебаниями климата. Другие гипотезы только обозначены, причем без глубокого научного обоснования. Поэтому считается, что альтернативой глобального потепления является сохранение современного состояния климата. Темп потепления зависит от будущего состояния экономики, демографической ситуации, политического устройства мира. Причем в реализации этого «будущего» сами изменения климата должны играть заметную роль, и эта обратная связь (которая пока что не учитывается) усложняет и без того крайне сложную проблему.

Из-за неопределенности ситуации задача прогноза КоПР представляется разумной, если в качестве определения будущего состояния климата использовать «оценку сверху», т. е. учитывать максимально возможные изменения. Поэтому в данной работе за основу был принят широко известный сценарий «A2» IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), разработанный межправительственной группой экспертов по изменению климата (учрежденной в 1988

г. Всемирной метеорологической организацией и Программой ООН по окружающей среде). Это один из наиболее «жестких» сценариев IPCC, но в то же время не относящийся к футурологическим прогнозам, обещающим огромные изменения. Отметим дополнительно, что каждый сценарий IPCC отличается значительным уровнем неопределенности, причем «доверительные» области даже у принципиально разных сценариев (таких как A2 и B2) перекрывают друг друга. Это обстоятельство в каком-то смысле снимает необходимость в подробном анализе межсценарных различий.

Использование «жесткого» сценария имеет еще одно преимущество, возникающее при интерпретации результатов. Дело в том, что математически моделируемый отклик на более сильное воздействие выражается четче, чем на более слабый, т. е. на фоне модельного «шума» реакция климата на интенсивное внешнее воздействие выражается отчетливо, статистически более достоверно. С этих же позиций получается, что надежнее (чисто по статистическим соображениям) могут быть вычислены изменения в конце XXI века (когда внешние сигналы будут особенно большими) по сравнению с началом столетия.

Практическое решение проблемы прогнозирования климата стало возможным только в настоящее время, когда математическое моделирование климата достигло достаточно высокого уровня, и усилия коллективов, занимающихся моделированием, были объединены в рамках проекта CMIP (Coupled Model Intercomparison Project), выполняемого под эгидой Всемирной программы исследования климата WCRP (World Climate Research Programme). Подготовка исходных данных, выполнение экспериментов и обработка результатов проводились по единым правилам, что обеспечило сравнимость результатов моделирования. Более того, статистические исследования показали, что реализации численных экспериментов разных моделей можно считать принадлежащими к одной генеральной совокупности и использовать данные статистического ансамбля для получения средних значений и изменчивости. Здесь следует уточнить, что оценка

статистической значимости изменений по размерам межмодельного разброса дает лишь суждение о степени уверенности получаемых выводов в рамках принятого подхода к прогнозу (концепция антропогенного характера глобального потепления, сценарий эмиссии и вся цепь допущений, приводящая к росту радиационного воздействия, повышению температуры и т. д.).

Климатическое моделирование, проведенное по протоколу CM IP3 (3-я фаза), охватывает современный период и ближайшие 100 лет. Из них нами взяты для анализа данные, воспроизводящие современный период (для тестирования и как базовые для расчета аномалий), и 20-летние интервалы середины и конца XXI века. Выбор для оценки средних статистических показателей именно 20-летних отрезков (а не традиционно используемых 30-летних) связан с быстротой происходящих изменений — «вековые» тренды на 20-летних отрезках выражены еще не слишком отчетливо, что позволяет использовать их при статистической обработке как стационарные ряды.

В настоящее время стартовала новая стадия проекта — CMIP5, базирующаяся на версиях климатических моделей, отличающихся гораздо лучшим пространственным разрешением, более развитыми параметризациями, включением дополнительных эффектов (углеродного цикла, динамического растительного покрова и др.). Однако новые результаты пока что не получены, поэтому данное исследование базируется на данных CMIP3.

Как известно, в климатических моделях на каждом шаге интегрирования по времени рассчитывается огромное количество величин, характеризующих гидрометеорологическое состояние атмосферы, океана, деятельного слоя суши, растительного покрова. Это создает иллюзию того, что по выходным данным можно рассчитывать любые показатели. На самом деле это не так. Во-первых, доступные пользовательские архивы содержат ограниченный перечень выходной модельной продукции. И это является ограничивающим фактором при расчете ряда индикаторов.

Во-вторых, различно качество данных. Модели лучше воспроизводят давление и температуру и существенно хуже — осадки, турбулентные потоки тепла и водяного пара, облачность и потоки радиации и др. Это еще более сужает спектр прогнозируемых показателей.

В-третьих, следует отметить, что качество моделирования зависит от особенностей подстилающей поверхности. Данные не так надежны в горах, на побережьях, на морских акваториях с архипелагами островов, т. е. там, где свойства поверхности резко отличаются на сравнительно небольших расстояниях. Дело в том, что свойства задаются квантовано для дискретных сеточных ячеек модели, индивидуально не дифференцируя их внутреннюю (подсеточную) структуру. Размеры ячеек (по горизонтали) в современных климатических моделях составляют примерно от 80 до 200 км. Это априорно порождает ошибки, связанные как непосредственно с неадекватностью задания в модельных ячейках тепло-, водно-физических и других констант, так и с неучетом роли мезомасштабных циркуляции. Таким образом, нельзя рассчитывать на то, что изучение динамики КоПР может быть осуществлено в любых интересующих потребителя регионах. Названные позиции приводят к правилам, которых приходится придерживаться при практических оценках прогнозирования климата и расчете КоПР.

Итак, следует ограничиваться обширными равнинными территориями и оценивать такие КоПР, показатели которых могут быть вычислены достоверно. При реализации последнего условия часто приходится выбирать; использовать ли при расчетах КоПР величину, непосредственно генерируемую моделью, но не прошедшую надежное тестирование, или осуществить ее расчет по каким-то косвенным специальным методикам, применяя для этого надежно проверенные выходные данные этой же модели.

С точки зрения выбора территории для наших целей в умеренной зоне подходят только Восточно-Европейская равнина и Западно-Сибирская низменность (с прилегающими физико-географическими районами). Здесь обширность и однородность территории сочетаются (по

крайней мере в некоторых регионах) с достаточно густой сетью метеорологических станций, что важно для осуществления тестирования результатов.

Климатические и природные изменения в настоящее время уже достигли такого уровня, что дальнейшие изменения необходимо учитывать при стратегическом планировании развития России и обеспечения ее безопасности. Предполагая, что потепление климата в ближайшее столетие будет происходить в соответствии со сценарием IPCC «A2», выполнен прогноз на XXI век климатических условий и некоторых природных ресурсов Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири. Параллельно рассматриваются динамика состояния отраслей экономики, зависящих от климатического режима, а также некоторые экологические и экономические проблемы, связанные с изменениями климата.

Изменения термического режима и состояния увлажнения, которые будут происходить из-за роста содержания парниковых газов в атмосфере, приведут к следующим изменениям, имеющим сильную региональную зависимость.

Так, потепление климата, особенно выраженное в холодный сезон, приведет к сокращению отопительного периода: на севере (Мурманская. Архангельская области) примерно на 1 месяц в середине XXI века и на 1,5 месяца в конце XXI века, в южных областях (Ставрополье, Краснодарский край) сокращение составит до 1 месяца.

Снежный покров характеризуется различными показателями. По данным наблюдений, пока что несмотря на прогрессирующее потепление климата, водный эквивалент снега остается на Восточно-Европейской равнине неизменным. Связан этот кажущийся парадокс с тем, что потепление на материках сопровождается вторжениями теплых воздушных масс, и именно на теплых фронтах и выпадают самые обильные осадки в холодное время года. Однако при дальнейшем потеплении количество снега зимой будет убывать (везде, кроме Северного Урала). В южных и юго-западных регионах аномалии особенно заметны: так, к середине XXI века к западу-юго-западу от Москвы (уже, например, в

Калужской области) запасы снега за зиму будут нулевыми! На остальной территории запас воды будет уменьшаться.

Изменения снежного покрова приводят к существенным изменениям внутригодичного распределения речного стока: в южных регионах Восточно-Европейской равнины весеннее половодье на реках составит только 30% от современного (к середине столетия), а в южных районах Западной Сибири — 50-80%. На севере этих территорий изменения составят порядка 10%, т. е. практически останутся в пределах межгодовой изменчивости. Головой сток, важнейший природный ресурс территории, меняется следующим образом; на Восточно-Европейской равнине, севернее примерно 50° с.т., изменения невелики (рост осадков и одновременный рост испарения из-за увеличения температуры компенсируют друг друга). Далее к югу, наоборот, будет наблюдаться как рост испарения, так и снижение осадков, что вызовет уменьшение речного стока: до 30—50% в южных регионах (на Украине, в Краснодарском и Ставропольском краях). В самых южных регионах Западной Сибири годовой сток составит примерно 80% от современного. Годовой сток Волги будет несколько снижаться, однако разброс велик; 90% ± 20%; сток Оби составит 97% ± 15% к 2010 г.

Суммируя полученные результаты, хочется подчеркнуть, что глобальные климатические изменения регионально дифференцированы — изменения на Восточно-Европейской равнине выражены в целом гораздо отчетливее, чем в Западной Сибири. Это влечет за собой соответствующие различия в реакции природной среды и общества. В разных регионах глобальное потепление активизирует специфический природно-экологический процесс и реакцию населения и хозяйства на него. Так, в Арктике важнейшую роль играет именно рост температуры, разрушение морских льдов и толщи многолетних мерзлых пород, а в южных регионах главное место принадлежит процессу аридизации. На всей исследованной территории существует тенденция к смещению природных зон (пока что именно тенденция, а не само смещение!), в результате чего нарушаются сложившиеся пространственно-

функциональные связи климата и растительности.

Последствия глобальных изменений климата для населения и хозяйства будут характеризоваться разнонаправленностью векторов воздействия, которые в разных регионах будут образовывать индивидуальные комбинации и, соответственно, потребуют нестандартных подходов и регионально адаптированного комплекса технических, экономических и социальных решений в рамках стратегического управления и территориального планирования. При этом наиболее значимым для экономики страны будет смещение всех зон специализации сельского хозяйства с юго-востока на северо-запад, т. е. на территории с худшими почвенными и агротехническими условиями. Для развертывания здесь агропромышленного производства потребуются многомиллиардные затраты. В зонах же современного основного производства сельхозпродукции произойдут сильная аридизация и вытеснение неполивного земледелия, что также потребует крупных капиталовложений в восстановление и строительство ирригационных систем. Неизбежные изменения произойдут и в расселении населения.

Позитивный эффект будет получен для лесного комплекса. Продуктивность лесонасаждений и скорость воспроизводства запасов древесины существенно возрастут, увеличится расчетная лесосека. Важно подчеркнуть, что наиболее существенными изменения будут в самых освоенных частях Европейской России, что сделает запасы древесины, производство лесоматериалов и продукцию комплекса более доступными для российского и мирового рынков.

Важный положительный эффект ожидается в области ЖКХ из-за сокращения продолжительности отопительного сезона при потеплении климата. Вместе с тем в южных районах будет наблюдаться активный рост электропотребления в связи с развертыванием сплит-систем.

При улучшении условий судоходства и длительности навигации по Северному морскому пути и рекам бассейна Северного Ледовитого океана произойдет существенное ухудшение в некоторых

регионах состояния транспортных сетей в зимний период из-за сокращения сроков и эффективности замерзания рек.

Различные эффекты разрушения вечной мерзлоты скажутся на снижении несущей способности грунтов, что особенно сильно проявится в песчаных грунтах. При этом потребуются значительные дополнительные затраты на искусственное замораживание грунтов.

Вышеперечисленные события трактовались и как положительные, и как отрицательные. Однако в любом случае они влекут за собой изменения привычных укладов жизни населения и специализации экономики. При этом следует иметь в виду, что любая переспециализация, даже если она представляет собой реакцию на позитивные изменения, всегда вызывает дополнительные издержки, связанные с потребностями в инвестициях, переподготовкой кадров и т. п. В этом смысле можно, по-видимому, сделать вывод о том, что изменения климата (особенно быстрые) практически нигде не носят благоприятный характер с точки зрения влияния на экономику (исключая ЖКХ и лесной комплекс), по крайней мере в ближайшей перспективе. Необходимость адаптации к происходящему требует изменений существующей инфраструктуры, традиционного уклада и т. д., которые можно реализовать только за счет интеллектуальных и финансовых инвестиций.

Проблема адаптации отдельных регионов или страны в целом к изменениям климата должна рассматриваться с точки зрения синхронности или асинхронности природной и социально-экономической ритмичности. Действительно, изменения климата XX и XXI веков вызывают изменения природного комплекса, становящиеся заметными на масштабах времени, порядка нескольких десятилетий. В этом плане они сопоставимы по продолжительности с макроэкономическими изменениями.

При приблизительном совпадении природной и социально-экономической ритмики, например, в рамках 50-летних кондратьевских циклов или 25-летних циклах Кузнеца, адаптация социально-экономических систем осуществляется в режиме воспроизводства капитала

(основных средств). Это позволяет обществу как бы «не заметить» глобальных изменений климата.

При иной ситуации адаптация достигается за счет увеличения дополнительных социально-экономических издержек, связанных с элиминированием неблагоприятного воздействия изменений в природной среде. Это позволяет обеспечить сохранение имеющейся специализации экономики конкретных регионов, подвергшихся воздействиям, и образа жизни населения лишь в том случае, если это необходимо для выполнения условий принципа «закрывающих затрат», обеспечения национальной безопасности, сохранения традиционного уклада жизни коренного населения и т. п. Поэтому, для того чтобы избежать потерь, необходимо планировать смену технологических циклов и общего ритма научно-технического прогресса так, чтобы они были надлежащим образом синхронизированы с общей динамикой природной среды.

При стратегическом планировании и корректировке концепции долгосрочного развития России следует учитывать не только обусловленные климатом изменения природной среды, экономики и экологии, происходящие внутри страны, но и климатически обусловленные изменения геополитической обстановки, в особенности в том случае, если серьезные изменения ожидаются в соседних странах. Важным примером такого рода является прогнозируемое в XXI веке значительное уменьшение увлажнения и водных ресурсов на Украине, сопровождающееся снижением их агроклиматического потенциала. Иная ситуация может сложиться в Арктике, когда улучшение ледовой обстановки приведет к резкому возрастанию международной конкуренции за ее ресурсы.

Сверху видно все!

ИТЦ «СканЭкс» продолжил мониторинг восточной части Черного моря и акватории Азовского моря. Для задач проекта использовались радиолокационные данные спутников RADARSAT-1 и RADARSAT-2, прием которых осуществляется в России. И вот подведены итоги спутникового мониторинга пленочных загрязнений Черного и Азовского морей в январе-июле 2012 г.

За время мониторинга в январе-июле было обнаружено 233 пятна пленочных загрязнений, в основном судового происхождения: в российских секторах — 118, в украинских — 52, в грузинском — 26, в турецком — 37. Общая площадь обнаруженных загрязнений составила 613 км². Площадь индивидуальных пятен варьировала от 0,1 до 60 км². Максимальные по площади судовые загрязнения наблюдались в Черном море на границе российского и украинского секторов. Крупные судовые разливы были также обнаружены в украинском (24,3 км², 25.04.12) и турецком (14,1 км² 16.07.12) секторах. В Азовском море площадь максимального разлива составила 19,8 км² (12.07.12).

Обширные пленочные загрязнения в результате речного и площадного стока во время катастрофического наводнения в Краснодарском крае в июле отмечены в Новороссийской и Геленджикской бухтах. Грифоны в грузинском секторе также продолжали активно проявляться в Черном море. Тем не менее основным источником пленочных загрязнений в открытом море остается морской транспорт.

По материалам пресс-службы ИТЦ
«СканЭкс»; press.scanex.ru

Н.С. Касимов
доктор географических наук,
профессор, академик РАН,
декан географического
факультета МГУ имени М.В.

Ломоносова
А.В. Кислое,
доктор географических наук,
профессор, заведующий кафедрой
метеорологии и климатологии
географического факультета МГУ
имени М.В. Ломоносова

В.Л. Бабурин
доктор географических наук,
профессор, заведующий кафедрой
экономической и социальной географии
России географического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова.

Источник: Экология и современность.-
2012.-№8.-С.72-77