
4. НЕОБХОДИМЫЕ ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

При любом уровне внешнего воздействия на климатическую систему (естественного — через орбитальные параметры Земли и солнечную радиацию — или же антропогенного — вследствие эмиссий климатически активных веществ в атмосферу) на Земле формируется соответствующий климат. С точки зрения человека, это состояние может быть нежелательным, даже опасным, однако при такой оценке всегда привлекаются ценностные суждения о характере последствий изменения климата. Они всегда субъективны, зависят от представлений разных групп населения нашей планеты.

В области оценки последствий наблюдаемых и ожидаемых в будущем изменений климата для природных и хозяйственных систем, для здоровья населения необходимо *дальнейшее развитие и усиление исследований по ряду научных направлений.*

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) в ходе работы над Четвертым оценочным докладом (2002–2007 гг.) разработала концепцию критических уязвимых элементов (key vulnerabilities) климатической и социально-экономической систем. Это такие элементы — системы или же процессы, — существенное изменение которых признается нежелательным мировым сообществом. Такие элементы обладают высокой чувствительностью к изменению климата, низкой способностью к адаптации и общепризнанной важностью для процесса принятия решений в области регулирования антропогенного влияния на климатическую систему. Среди ключевых уязвимых элементов, *последствия* изменения которых могут иметь глобальное значение, ОД4 (2002–2007 гг.) указывает на биогеохимические циклы, североатлантическую термохалинную циркуляцию, Гренландский и Западно-Антарктический ледниковые щиты, процессы,

приводящие к экстремальным гидрометеорологическим явлениям, уникальные экосистемы.

Состояние этих и других ключевых уязвимых элементов определяет те критические границы (предельно допустимые значения), за которые не должны выходить параметры климата. Такие критические границы могут относиться к параметрам климата разного пространственного масштаба — глобального, регионального и даже локального. *Установление и научное обоснование критических границ* для изменения климата на территории России позволит оценивать опасность наблюдаемых и ожидаемых изменений климата. Информация о критических границах изменения климата в совокупности с данными мониторинга и моделирования климата позволит ответить на следующие вопросы:

— как далеко современное состояние климата от критических границ, и

— с какой скоростью состояние климата приближается к этим критическим границам (для корректной оценки скорости исключительно важно учитывать *характер естественной изменчивости климата в разных временных масштабах*)?

Изменения климата, вызывающие изменения состояния хозяйственных систем, *не выходящие за критические границы*, целесообразно оценивать в экономических единицах. Это позволит сопоставлять различные изменения по уровню ущерба для хозяйства отдельных регионов или же более мелких территориальных единиц, а также сравнивать уровень воздействия меняющегося климата на различные секторы экономики. Развитие соответствующих *методов комплексной экономической оценки* последствий изменения климата и получение самих комплексных оценок в экономических единицах требуют приоритетного внимания. Такие

4. НЕОБХОДИМЫЕ ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

оценки предоставляют агрегированную информацию высокого уровня, необходимую для выработки климатической политики.

Для оценки последствий изменения климата требуются *имитационные модели климатозависимых процессов*, протекающих в природной и социально-экономической системах. Такие модели должны быть ориентированы, прежде всего, на прикладные задачи. Исходной информацией для этих моделей являются региональные оценки наблюдаемых или же ожидаемых изменений параметров климата, а их выходной информацией — оценки изменений показателей состояния здоровья населения, природных систем и хозяйственных систем. Работа по развитию и совершенствованию таких моделей необходима в отношении здоровья населения, технических систем, водного баланса внутренних водоемов, первичной продуктивности морских и наземных экосистем (включая агроэкосистемы), биоразнообразия, границ растительных зон на континентах, состояния приповерхностного слоя морей (уровень, температура, соленость и т. д.), состояния континентальной многолетней мерзлоты и ледниковых систем, проявлений экстремальности климата (засухи, лесные пожары, наводнения, сели, лавины и т. д.).

В настоящее время для оценки последствий изменения климата в большей степени, чем модели, применяются прикладные климатические индексы, описывающие климатообусловленные изменчивость и изменения показателей состояния здоровья населения, природных и хозяйственных систем. Значения этих индексов, вычисляемых непосредственно по данным гидрометеорологических наблюдений, следует систематически сопоставлять с фактическими данными (о заболеваемости населения, продуктивности и биоразнообразии природных экосистем, урожайности сельскохозяйственных растений, надежности конструкций зданий и технических сооружений и т. д.). Это будет способствовать отбору наиболее информативных прикладных климатических индексов, повышать точность оценок последствий изменения климата. Для такого систематического сопоставления необходимы *параллельные измерения значений гидрометеорологических величин и показателей состояния систем, т. е. осуществление комплексного мониторинга*.

Расширение таких комплексных наблюдений будет также способствовать совершенствованию методов оценки последствий изменения климата — переходу от прикладных климатических индексов к имитационным моделям климатозависимых процессов. Существенно, чтобы эти модели учитывали помимо климатических входных параметров и важнейшие параметры иной, неклиматической природы. Это позволит более надежно проводить

установление причин (атрибуцию) наблюдаемых изменений природных и хозяйственных систем, состояния здоровья населения, а также более реалистично оценивать возникающие при этом неопределенности. Для создания и развития методов атрибуции необходимы специальные разработки в области математического моделирования изменений климата и их последствий, создание принципиально нового типа моделей.

Пространственное разрешение данных о состоянии природных систем, получаемых путем наземных инструментальных измерений, ограничено имеющимися ресурсами — этот вид мониторинга требует значительных затрат времени и средств. В отношении некоторых показателей состояния систем *дистанционный мониторинг* более эффективен, например, при наблюдении за движением границ морских льдов и растительных зон, изменениями проективного покрытия наземных растений, первичной продуктивности в приповерхностном слое океана, уровня моря, температуры поверхности моря и суши. Методы дистанционного мониторинга необходимо систематически калибровать по результатам наземных измерений с целью оптимизации методик и технических средств, а также для повышения эффективности методов анализа данных.

Для эффективного изучения прикладных аспектов изменения климата и их последствий необходимо широкое *внедрение ГИС-технологий*, их совмещение с современными статистическими методами и методами математического моделирования климатических процессов и соответствующих эффектов.

Для повышения эффективности и согласованности оценок наблюдаемых и ожидаемых изменений климата и оценок их последствий для территории России будущие исследования в этих двух направлениях должны быть в большей степени гармонизированы. Это касается прежде всего подходов к следующим проблемам.

а) Перечень приоритетных в прикладном отношении параметров климата.

Он должен включать следующие параметры приповерхностного слоя атмосферы: минимальную, среднюю и максимальную температуру; сумму осадков — жидких и твердых отдельно; скорость ветра и влажность; актинометрические параметры; характеристики испарения; речной сток. Весьма также важны температура и влагонасыщенность почвы, высота снежного покрова, глубина сезонного протаивания и промерзания.

б) Исходные массивы данных наблюдений за климатом, их пространственное и временное разрешение.

4. НЕОБХОДИМЫЕ ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки последствий изменения климата для природных и хозяйственных систем, для здоровья населения в большинстве случаев требуются данные суточного или же более высокого разрешения по времени. В настоящее время чаще используются данные более грубого разрешения (например, месячного), что приводит к увеличению неопределенности результатов оценок последствий. Для решения проблемы пространственного разрешения необходимо в возможно более полной мере использовать гидрометеорологические данные наблюдательной сети Росгидромета в совокупности с наблюдениями, выполняемыми другими ведомствами и учреждениями.

в) Перспективные (прогнозные) оценки климата будущего, соответствующие разным сценариям антропогенного воздействия на глобальный климат.

Перечень, приведенный в пункте *а*, остается в силе в отношении приоритетных параметров климата будущего, как и характеристики их временного разрешения, приведенные в пункте *б*. Необходимое пространственное разрешение — около 1–2° и более высокое. Собственно сценарии антропогенного воздействия на глобальный климат целесообразно выбрать согласованно с МГЭИК — те, что использовались при подготовке Четвертого оценочного доклада, и те, что будут использоваться при подготовке Пятого оценочного доклада. Важно отметить, что многие из таких новых сценариев учитывают меры по ограничению эмиссий

парниковых газов, чего не было в сценариях, описанных в Специальном докладе МГЭИК по сценариям выбросов (2000 г.).

г) Временные периоды, к которым целесообразно относить оценки изменений климата и их последствий, включая базовые периоды.

Эти периоды целесообразно выбрать согласованно с теми, что будут использованы МГЭИК при подготовке Пятого оценочного доклада. В отношении сценариев антропогенного воздействия на глобальный климат: целесообразно рассматривать среднесрочные перспективные оценки — до 2035 г. и долгосрочные — до 2100 г. и на более отдаленную перспективу.

Представляется необходимым, чтобы данные наблюдений за параметрами климата, а также данные о климате будущего, отвечающие приведенным выше критериям, были в возможно более сжатые сроки организованы в базу данных (централизованную или же распределенную) и были доступны российским исследователям. При этом по климату будущего были бы представлены данные по различным сценариям, климатическим моделям и расчетам. Это позволит специалистам оценивать все многообразие возможных ответов природных и социально-экономических систем на изменение климата, их вероятностное распределение и возникающие риски.