

# The Global Carbon Project

## ***A framework for Internationally Co-ordinated Research on the Global Carbon Cycle***

[www.globalcarbonproject.org](http://www.globalcarbonproject.org)

*Based on*

*Global Carbon Project (2003) Science Framework and Implementation. ESSP Report No. 1; Global Carbon Project Report No. 1, 69 pp, Canberra*

### **Executive Summary**

*Editors: Josep G. Canadell ([pep.canadell@csiro.au](mailto:pep.canadell@csiro.au)), Robert Dickinson, Kathy Hibbard, Michael Raupach and Oran Young*

#### ***The Changing Carbon Cycle***

The carbon cycle is central to the Earth system, being inextricably coupled with climate, the water cycle, nutrient cycles and the production of biomass by photosynthesis on land and in the oceans. A proper understanding of the global carbon cycle is critical for understanding the environmental history of our planet and its human inhabitants, and for predicting and guiding their joint future.

Human intervention in the global carbon cycle has been occurring for thousands of years. However, only over the last two centuries have anthropogenic carbon fluxes become comparable in magnitude with the major natural fluxes in the global carbon cycle, and only in the last years of the 20th century have humans widely recognised the threat of adverse consequences and begun to respond collectively. This development adds a new feedback into the global carbon cycle that will have a profound influence on the future of the Earth system, as humankind begins to grapple with the challenge of managing its planetary environment.

### **Основные тезисы**

*Перевод Е.Г. Александровой*

*Научный редактор: Г. А. Александров*

#### ***Изменение круговорота углерода***

Круговорот углерода, будучи неразрывно связан с климатом, круговоротом воды и биогенных элементов, а также производством биомассы путем фотосинтеза на суше и в мировом океане, является главным для Земной системы. Правильное понимание глобального круговорота углерода очень важно для понимания истории окружающей среды нашей планеты, для населяющих ее людей и для того, чтобы предсказывать их совместное будущее и управлять им.

Человеческое вмешательство в глобальный круговорот углерода продолжается уже тысячи лет. Однако, только на протяжении двух последних веков антропогенные потоки стали по своей величине сравнимы с основными природными потоками углерода, и в последние годы 20-го века человечество полностью осознало угрозу неблагоприятных последствий и приступило к совместным действиям. Такой поворот событий добавляет новую обратную связь в глобальный круговорот углерода, которая окажет большое влияние на будущее Земной системы, так как человечество начинает браться за проблему управления окружающей средой своей планеты.

## ***The Global Carbon Project***

The challenge to the scientific community is to monitor (quantify), understand (attribute) and predict the evolution of the carbon cycle in the context of the whole Earth system, including its feedbacks with human components. This demands new scientific approaches and syntheses that cross disciplinary and geographic boundaries, and place particular emphasis on the carbon cycle as an integral part of the coupled carbon–climate–human system.

Three international global environmental change research programmes have come together to bring a coordinated programme into reality: the International Geosphere–Biosphere Programme (IGBP), the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP), and the World Climate Research Programme (WCRP). The result is the Global Carbon Project (GCP). The present document outlines the project's framework for research and its implementation strategy. The document is addressed to the large research and agency communities, including multiple disciplines of natural and social sciences, and policy makers.

## ***Science Themes***

The goal of the GCP is to develop comprehensive, policy-relevant understanding of the global carbon cycle, encompassing its natural and human dimension and their interactions. This will be accomplished by determining and explaining three themes:

1. **Patterns and variability:** What are the current geographical and temporal distributions of the major pools and fluxes in the global carbon cycle?
2. **Processes and interactions:** What are the control and feedback mechanisms — both anthropogenic and non-anthropogenic — that determine the dynamics of the carbon cycle?
3. **Carbon Management:** What are the likely dynamics of the carbon–climate–human system into the future, and what points of intervention and windows of opportunity exist for human societies to manage this system?

## ***Глобальный Проект по Углероду***

Перед научным сообществом стоит задача наблюдения (количественного определения), изучения (установления причинно-следственных связей) и предсказания изменений круговорота углерода в масштабах всей Земной системы, включая обратную связь с человеческим фактором. Это требует новых научных подходов и обобщений, которые преодолеют междисциплинарные барьеры и географические границы, и подчеркнут значение цикла углерода как неотъемлемой части совокупной системы углерод–климат–человек.

Три международные исследовательские программы объединили свои усилия по координации исследований в этой области: Международная программа по Геосфере и Биосфере (IGBP), Международная программа по изучению роли человечества в глобальных изменениях окружающей среды (IHDP), и Программа по изучению Мирового климата (WCRP). В результате появился Проект по Изучению Глобального Углерода (GCP). Этот отчет определяет схему научных исследований по проекту и стратегию его внедрения. Отчет предназначен для широкого круга научных организаций и государственных учреждений, включая различные области естественных и социальных наук, а также для политиков.

## ***Научные задачи***

Цель GCP состоит в том, чтобы прийти к комплексному, политически актуальному, описанию круговорота глобального углерода, которое охватывало бы природную и человеческую компоненты в их взаимодействии. Для достижения этой цели будут рассмотрены следующие темы:

1. **Закономерности и изменчивость:** Каково текущее географическое и временное распределение главных запасов и потоков в глобальном круговороте углерода?
2. **Процессы и взаимодействия:** Каковы механизмы регулирования и обратной связи -- антропогенные и неантропогенные -- определяющие динамику круговорота углерода?
3. **Управление циклом углерода:** Какой будет динамика системы углерод–климат–человек в будущем, и какие имеются возможности для управления этой системой?

## **Implementation strategy**

The GCP will implement its research agenda through collaborative efforts with national and international carbon programmes and funding agencies, and by leading a limited number of difficult and highly interdisciplinary new research initiatives that are feasible within a 3–5 year framework. The implementation strategy is organised around the three science themes.

### **Theme 1: Patterns and variability**

Quantify current geographical and temporal distributions of the major carbon pools and fluxes through compiling new sectorial and regional budgets and developing model–data fusion.

*Major carbon stocks and fluxes.* Provide a coordinated international effort to complement and strengthen regional and national carbon cycle programmes by fostering common protocols, sharing data, promoting rapid transfer of information on new applications and techniques, and leveraging resources in joint projects.

*Model–data fusion.* Develop and implement methods for assimilating atmospheric, ocean and terrestrial data into carbon–climate–human system models, with particular emphasis on the application of multiple constraints (from the simultaneous use of atmospheric, oceanic and terrestrial data and models) to the problem of determining patterns and variability in the carbon cycle.

*Comprehensive national, regional and sectoral carbon budgets.* Promote the harmonisation of existing approaches to national, regional and basin-scale carbon budgets to ensure comparability amongst regions.

### **Theme 2: Processes and feedbacks**

Promote new research and synthesis to increase

## **Стратегия реализации**

GCP будет осуществлять свой план исследований в сотрудничестве с национальными и международными программами по изучению углерода и финансирующими организациями, а также иницируя ограниченное количество новых исследовательских проектов повышенной сложности, и требующих междисциплинарных усилий, но которые можно завершить в течение 3–5 лет. Стратегия реализации вращается вокруг трех научных задач.

### **Задача 1: Закономерности и изменчивость**

Дать количественное описание современного географического и временного распределения запасов и потоков углерода, в виде региональных балансов (а также балансов по секторам народного хозяйства), интегрируя имеющиеся модели и данные.

*Основные запасы и потоки углерода.* Провести работу по дополнению и укреплению региональных и национальных программ по изучению круговорота углерода, способствуя выработке общих стандартов измерений и обмена данными, содействуя быстрой передаче информации о новых инструментах, программном обеспечении и методам, и повышая эффективность имеющихся ресурсов организацией совместных проектов.

*Синтез данных и моделей.* Разработать и внедрить методы по подготовке данных по атмосфере, океанам и суше для моделей системы углерод–климат–человек, уделяя особое внимание множеству ограничений (накладываемых одновременным использованием данных по атмосфере, океанам и суше, и моделей), которые необходимо учитывать при описании закономерностей и изменчивости цикла углерода.

*Полный баланс углерода на национальном, региональном и секторальном уровнях.* Содействовать согласованию существующих подходов к составлению баланса углерода на национальных и региональных уровнях с тем, чтобы обеспечить возможность сравнительного анализа регионов.

### **Задача 2: Процессы и обратные связи**

Создавать благоприятные условия для новых

understanding of the controls on natural and human-driven sources and sinks of carbon, and the spatially explicit links between causes and effects, with particular emphasis on understanding the interactions among mechanisms and feedbacks among components of the coupled carbon–climate–human system.

*Mechanisms and feedbacks controlling carbon stocks and fluxes.* Promote research and synthesis to identify the source and sink mechanisms, their relative importance and their interactive effects. Explore how the processes of the carbon system work, both individually and collectively.

*Emergent properties of the coupled carbon–climate system.* Investigate additional system properties that emerge when the perturbed carbon cycle is included as an interactive element in the full carbon–climate system; in particular, investigate whether thresholds, instabilities and surprises could emerge from this full-system coupling.

*Emergent properties of the coupled carbon–climate–human system.* Initiate cross-disciplinary research on the coupling of models (quantitative or qualitative) of the physical, biochemical and human components of the carbon cycle, and highlight novel behaviours that emerge when all these subsystems are coupled. Stimulate the development of more detailed predictive tools and conceptual frameworks.

### **Theme 3: Carbon Management**

Identify and quantify points for intervention and windows of opportunity in the carbon cycle to steer the evolution of the coupled carbon–climate–human system.

*Points of intervention and options for mitigation.* Identify and assess specific points of intervention at which the future evolution of the carbon cycle might be influenced, and critically assess the achievable mitigation potential of the options, once sustainable development concerns are considered (i.e., triple bottom line: economy, society, and environment).

исследований, необходимых для лучшего понимания факторов, управляющих природными и антропогенными стоками и источниками углерода, и установления пространственно явных причинно-следственных связей, уделяя особое внимание изучению взаимодействий между механизмами и обратными связями между компонентами совокупной системы углерод-климат-человек.

*Механизмы и обратные связи, управляющие запасами и потоками углерода.* Создавать благоприятные условия для исследований по идентификации механизмов стоков и источников, их сравнительной роли и эффекта их взаимодействия. Исследовать как функционирует углеродная система, по частям и в целом.

*Качественно новые свойства совокупной системы углерод-климат-человек.* Исследовать дополнительные свойства системы, которые возникают, когда цикл углерода включают в качестве взаимодействующего элемента в полную систему углерод-климат, в частности, исследовать могут ли в результате этого объединения появиться точки бифуркации, потеря устойчивости и другие сюрпризы.

*Качественно новые свойства свойства совокупной системы углерод-климат-человек.* Приступить к междисциплинарным исследованиям по интеграции моделей (количественных и качественных) физических, биохимических и человеческих компонент круговорота углерода и высветить новизну в поведении системы, которая появляется при интеграции всех этих подсистем. Стимулировать разработку более детальных инструментов прогнозирования и концептуальных схем.

### **Задача 3: Управление углеродом**

Идентифицировать и определить количественно период времени, в течение которого следует вмешаться в круговорот углерода, чтобы направить эволюцию совокупной системы углерод-климат-человек в нужное русло.

*Период вмешательства и варианты смягчения последствий климатических изменений.* Определить и оценить конкретный период времени, когда вмешательство в цикл углерода может повлиять на его будущую эволюцию, и критически оценить уровень смягчения последствий климатических изменений, который может быть достигнут, если рассматривать все те меры, предлагаемые для обеспечения неистощимого развития (то есть,

*Carbon management in the context of the whole Earth system.* Develop a framework to assess the best mix of mitigation options in a full-system analysis framework, design dynamic portfolios of carbon mitigation options for specific regions, and analysis/design appropriate institutions for carbon management.

*Carbon consequences of regional development pathways.* Undertake a comparative analysis of a network of regional case studies to understand:

- The consequences of different pathways of regional development on carbon stocks and fluxes.
- The critical processes and interactions in development that result in pathways with widely differing carbon consequences.
- The trade offs and synergies between changes in carbon stocks and fluxes with other ecosystem services, especially the provision of food, water and clean air, and the maintenance of biodiversity.

## **Synthesis and communication**

The GCP will deliver high-level syntheses of information on the carbon cycle aimed at the research and assessment communities. Written products and web-based resources will be developed for policy makers, educators and general public. Specific products for multidisciplinary audiences will be developed to foster a common understanding and language.

## **Capacity building**

The GCP will develop a number of capacity building activities associated with the main research themes. This will promote the development of a new generation of young and senior scientists trained in the highly interdisciplinary topics of the carbon cycle.

## **Products**

The products of a 10-year research programme are envisioned as being:

- Improved knowledge of the coupled carbon–

взять триединую точку отсчета: экономика, общество, окружающая среда) .

*Управление углеродом в контексте Земной системы в целом.* Разработать схему для поиска лучшего сочетания мероприятий по смягчению климатических изменений, скомпоновать постоянно пополняющиеся портфели мероприятий по смягчению изменений в цикле углерода для отдельных регионов, и институтов по управлению циклом углерода.

*Влияние путей регионального развития на цикл углерода.* Провести сравнительный анализ серии региональных исследований для того, чтобы понять:

- Влияние различных путей регионального развития на запасы и потоки углерода.
- Важнейшие процессы и взаимодействия в развитии, приводящие к путям развития с сильно различающимся последствиями для цикла углерода.
- Взаимосвязь между изменениями запасов и потоков углерода с другими функциями экосистем, особенно такими как снабжение продовольствием, водой и чистым воздухом, и сохранением биоразнообразия.

## **Обобщение и распространение результатов исследований.**

GCP подготовит сводку информации, для исследовательских и экспертных организаций. Будут также подготовлены печатные материалы и интернет-ресурсы для политиков, преподавателей и широкой публики, и материалы, способствующие междисциплинарному общению (т.е. формированию общепонятной терминологии).

## **Формирование задела**

GCP предпримет ряд шагов по формированию задела по основным темам. Это будет способствовать появлению нового поколения ученых, имеющих хорошую подготовку в такой крайне междисциплинарной области как система «климат-человек-углерод».

## **Результаты**

Результаты программы исследований, рассчитанной на 10 лет представляются следующими:

- Прогресс в знаниях о поведении совокуп-

climate–human system with increased capacity to quantify, attribute

- A systemic framework, implemented in a suite of linked models, of the coupled biophysical and human interactions controlling the carbon cycle.
- Improved coordination between the research, monitoring and assessment communities, leading to a capability for rapid assessments and responses to trends in the carbon cycle.
- Improved outputs from national and international research and monitoring programmes, through better coordination, linkage and information exchange.
- Outreach and communication products, including synthesis of research in journal issues and books; international coordination platform through the GCP project and affiliated offices, electronically available resources (e.g., data, graphics and presentation material), quality websites including a carbon portal, educational resources (e.g., posters and leaflets) and opportunities for higher education through the various research activities.

## **Stakeholders**

Major stakeholders of the GCP are the scientific, assessment and policy communities dealing with:

- Quantifying and predicting carbon budgets from local to global scales.
- Policies to reduce net greenhouses gas emissions.
- Development of, and compliance with, international conventions.
- Regional development aimed at meeting environmental, economical and social goals.

## **Connections with national and international programmes**

Because of the integrative nature of the project, there will be a need to build upon many existing projects and to work with communities whose spheres of interest intersect (but do not necessarily coincide) with that of

ной системы углерод-климат-человек, связанный с уточнением количественных характеристик, объяснений и прогнозов.

- Систематизированная схема исследований, воплощенная в пакете моделей биофизических и антропогенных взаимодействий, контролирующих круговорот углерода.
- Повышение уровня координации между исследовательскими, наблюдательными и экспертными организациями, дающая возможность быстрых оценок и ответных мер на изменения в круговороте углерода..
- Повышение эффективности национальных и международных исследовательских и мониторинговых программ за счет улучшения координации, связей и обмена информацией.
- Информационные материалы, включая обобщение результатов исследований в виде специальных выпусков научных журналов и коллективных монографий; административные ресурсы для международной координации в виде офисов GCP, ресурсы доступные в электронном виде (в.т.ч данные и графики), вебсайты, включая углеродный портал, наглядные пособия (в.т.ч плакаты и листовки) и возможности для повышения образования путем разнообразной исследовательской деятельности.

## **Заинтересованные стороны**

В GCP заинтересованы научные, экспертные и политические организации, чья деятельность связана с:

- Количественной характеристикой и прогнозом баланса углерода как в местных, так и в глобальных масштабах.
- Политикой в области снижения выбросов парниковых газов.
- Разработкой и соблюдением международных конвенций.
- Региональным развитием, нацеленным на достижение экологических, экономических и социальных целей.

## **Связи с национальными и международными программами**

Поскольку главной задачей проекта является интеграция исследований, он будет основываться на уже существующих проектах и работать с организациями чей круг интересов пересекается

the GCP. In particular, the GCP will work with:

- Research communities coordinated through IGBP, IHDP, WCRP and other members of the Integrated Global Observing Strategy Partnership (IGOS-P).
- National and regional carbon cycle programmes.
- Assessment and policy communities dealing with the consequences of changes in the carbon cycle, vulnerability and the links to water resources, food systems and biodiversity.

### **The GCP Mandate**

- To develop a research framework for integrating the biogeochemical, biophysical and human components of the global carbon cycle, recognising the need for work across disciplines, and temporal and geographical boundaries.
- To provide a global platform for coordinating international and national carbon programmes to improve the design of observation and research networks, data standards, information transfer, and timing of campaigns and process-based experiments, and the development of model–data fusion techniques.
- To strengthen the carbon-related research programmes of nations, regions, and international programmes such as IGBP, IHDP, WCRP, DIVERSITAS and the observation community, through better coordination, articulation of goals and development of conceptual frameworks.
- To foster research on the carbon cycle in regions that are poorly understood but have the potential to play important roles in the global carbon cycle.
- To synthesise and communicate new understanding of the carbon–climate–human system to the broad research and policy communities.

(но не обязательно совпадает) с интересами GCP. В частности GCP будет работать с:

- Исследовательскими организациями координируемыми IGBP, IHDP, WCRP и другими участниками Партнерства по Стратегии Глобальных Наблюдений (IGOS-P).
- Национальными и региональными программами по круговороту углерода.
- Экспертными и политическими организациями, занимающимися последствиями изменений в круговороте углерода, а также проблемой уязвимости водных ресурсов, систем продовольственного обеспечения и биоразнообразия.

### **Обязательства GCP**

- Разработать схему исследований для интегрирования биохимических, биофизических и человеческих факторов глобального цикла углерода, осознавая необходимость преодолевать междисциплинарные барьеры, временные рамки и географические границы.
- Обеспечить основу для глобальной координации международных и национальных программ по циклу углерода с тем, чтобы усовершенствовать сеть наблюдений, стандартизировать сбор данных, передачу информации, синхронность экспедиций и экспериментов, интеграцию данных и моделей.
- Усилить национальные, региональные и международные программы исследований и наблюдений, такие как IGBP, IHDP, WCRP, DIVERSITAS, путем улучшения координации, формулировки целей и развития концептуальных схем.
- Способствовать исследованиям круговорота углерода в малоизученных регионах, которые могут сыграть важную роль в глобальном круговороте углерода.
- Для обобщения и распространения новых знаний о системе углерод–климат–человек среди широкого круга исследователей и политиков.