



CAMP4ASB
Climate Adaptation & Mitigation
Program for Aral Sea Basin
CENTRAL ASIA

Введение в гидрологическое моделирование.

Калашникова О.Ю.

По материалам Юлия Дидовца, Анастасии Лобановой

Семинары повышения квалификации

Алматы, Казахстан

Содержание

- История гидрологического моделирования.
- Основные понятия.
- Типы гидрологических моделей.
- Выбор модели.
- Применение модели.
- Оценивание параметров.
- Применение различных данных наземных и спутниковых наблюдений.

История гидрологического моделирования.

- В 19 веке: истоки моделирования дождевого стока в широком смысле можно найти в середине 19 века, возникшего в результате трех типов инженерных проблем: (1) проект городской канализации, (2) системы дренажа мелиорации земель проектирование и (3) проектирование водосброса. Во всех трех задачах проектный расход воды был основным интересным параметром.
- Концепция рационального метода для определения пикового расхода паводка по измерениям глубины осадков возникла у Малвани (Mulvaney, 1850), ирландского инженера, который занимался осушением земель.
- Некоторые американцы приписывают первое упоминание о формуле одному из своих инженеров, занимающихся проектированием канализации (Kuichiling, 1889). Метод определения пикового потока Q_p :
- $Q_p = C_i A$ (1.1)

История гидрологического моделирования.

- Метод определения пикового потока Q_p :

$$Q_p = C_i A \quad (1.1)$$

где C - коэффициент стока (зависит от характеристик водосбора)

i - интенсивность осадков во время T_c ,

A - площадь водосбора.

T_c - это время концентрации, время, необходимое для того, чтобы дождь упал в самой дальней точке водосбора, чтобы течь к точке измерения реки.

Хорошо известную рациональную формулу можно рассматривать как первое поколение гидрологических моделей, где Q_p - выходная переменная, i и A - входные переменные, а C - параметр модели.

- По своему основному предположению, а именно, интенсивность осадков и характеристики водосбора равномерно распределены в пространстве и времени, использование рациональной формулы ограничено небольшими городскими водосборами.

История гидрологического моделирования.

- **В 1920-х годах:** в течение 1920-х годов, когда возникла потребность в соответствующей формуле для крупных водосборов, в рациональный метод было внесено много модификаций, чтобы справиться с неравномерным распределением в пространстве и времени характеристик осадков и водосбора.
- Модифицированный рациональный метод, основанный на концепции изохрон или линий равного времени прохождения, можно рассматривать как первую базовую модель дождевого стока, основанную на передаточной функции, форма и параметр которой были получены с помощью топографических карт и использования Мэннинга формула (Manning) для оценки разного времени в пути.

История гидрологического моделирования.

- **В 1930-х годах:** важным шагом вперед в гидрологическом анализе стала концепция единичного гидрографа, введенная американским инженером Шерманом в 1932 году на основе принципа суперпозиции. Хотя принцип суперпозиции еще не был известен в то время, он предполагал множество допущений, то есть водосбор ведет себя как причинно-следственная линейная инвариантная по времени система в отношении преобразования осадков / поверхностного стока.
- Использование единичного гидрографа позволило рассчитать не только максимальный расход паводка (как это делает рациональный метод), но и весь гидрограф (объем поверхностного стока, образовавшегося в результате дождя). В конце 1930-х и в течение 40-х годов был предложен ряд методов для повышения объективности метода и результатов, а также методы статистического анализа. Обсуждение различных подходов и соответствующей библиографии можно найти в отчете Дуга (Dooge, 1973).

История гидрологического моделирования.

- **В 1950-х годах:** настоящий прорыв произошел в 1950-х годах (Todini, 1988), когда гидрологам стало известно о подходах системной инженерии, используемых для анализа сложных динамических систем. В конце концов они поняли, что единичный гидрограф является решением причинно-следственной линейной инвариантной системы и что использование математических методов, таких как преобразования Лапласа, Фурье и Z (Laplace, Fourier and Z transforms) , может привести к получению функции отклика из анализа входных и выходных данных. , Это был период, когда возникли концептуальные модели.

История гидрологического моделирования.

- Получение единичного гидрографа в дискретной форме (единичный график) из выборочных данных (известных как обратная задача) к тому времени все еще оставалось большой проблемой из-за не особенно линейного поведения системы и в целом больших ошибок в входные и выходные данные.
- Чтобы преодолеть эту проблему, гидрологи обнаружили, что формы единичного гидрографа могут быть предоставлены на основе решения более или менее упрощенных дифференциальных уравнений, таких как, например, те, которые описывают временное поведение хранилища в резервуаре или в каскаде водохранилища (Nash, 1958, 1960).
- Затем единичный гидрограф можно выразить в виде нескольких параметров, которые можно оценить по характеристикам водосбора или с помощью статистических процедур: моменты, регрессия, максимальная вероятность и т. Д. Расцвет этих моделей привел к невероятному разнообразию решений: каскад линейные резервуары, линейные каналы, линейные каналы и резервуары, нелинейные резервуары (Prasad, 1967).
- Однако при получении формы единичного графа из фактических данных было сделано очень мало достижений до работы Тихонова (1963а, б) и введения ограничений непрерывности и регуляризации на этапе оценки (Eagleson et al, 1965; Natale and Todini, 1977 г.) получены более реалистичные и достоверные оценки единичного гидрографа.

История гидрологического моделирования.

- **С 1960-х годов:** многие другие подходы к моделированию дождевых стоков были рассмотрены в 1960-х годах. В поисках более физической интерпретации процесса можно представить поведение отдельных компонентов гидрологического цикла в масштабах водосбора, используя ряд взаимосвязанных концептуальных элементов, каждый из которых представляет собой цель определенной подсистемы.
- После этого появилось большое количество концептуальных, сосредоточенных моделей дождевого стока: Dawdy and O'Donnell (1965), Stanford Model IV (Crawford and Linsley, 1966), Sacramento Model (Bumash et al., 1973), модель HBV (Bergstrom and Forsman, 1973), модель Tank Model (WMO, 1975), которая по-разному представляла взаимосвязанные подсистемы и считалась ведущей моделью 1960-х и 1970-х годов.

История гидрологического моделирования.

- **В 1970-е годы:** Box и Jenkins (1970) предоставили гидрологам альтернативный тип модели - то есть модель авторегрессионного скользящего среднего (ARMA) и другие формы стохастических моделей временных рядов, - модели прогнозирования в реальном времени как ответ на потребность в предупреждении в районах, подверженных наводнениям, а также в качестве инструмента для управления водохранилищами или гидротехническими сооружениями.
- Как правило, основанный на недавних методах обновления и повторной калибровки, таких как фильтры Калмана (Kalman, 1960; Kalman and Bucy, 1961; Todini, 1978; Todini и Wallis, 1978; O'Connell, 1980; Wood, 1980; Wood and O'Connell, 1985). Одной из моделей замечаний, разработанной в конце 1970-х годов, является TOPMODEL (Beven and Kirkby, 1979), основанная на идее, что топография обеспечивает доминирующий контроль над маршрутом потока через водосборные бассейны. TOPMODEL рассчитывает не только гидрограф потока, но и информацию, которая полезна для связи гидрологических расчетов с гидрохимическими моделями.

История гидрологического моделирования.

- **В 1980-х годах:** для удовлетворения потребностей в прогнозировании
 - (1) воздействия изменений в землепользовании,
 - (2) влияния пространственно изменяющихся входов и выходов,
 - (3) движения загрязняющих веществ и отложений и
 - (4) гидрологической реакции из не измеренных водосборов, где нет данных для калибровки сосредоточенной модели, были разработаны физически обоснованные модели с распределенными параметрами.
- Самые сложные модели имеют трехмерный вид водообмена с вертикальными сетками. Эти методы открыли путь для значительных успехов в моделировании, связав их с моделями рельефа (DTM / DEM), полученными из карт, или с другими данными, полученными из растровых спутниковых изображений, которые могут указывать растительный покров, характеристики влажности почвы и линии подземный дренаж.
- Модель Systeme Hydrologique Europeen (SHE), разработанная в 1980-х годах в рамках многонациональной программы, стимулируемой Европейским сообществом, является хорошим примером таких моделей (Abbott et al., 1986).

История гидрологического моделирования.

- **С конца 1980-х годов:** эволюция гидрологии континентального масштаба выдвинула новые требования к гидрологическим моделистам.
- Макромасштабные гидрологические модели были разработаны на основе следующих мотивов.
- Во-первых, для различных целей эксплуатации и планирования управляющие водными ресурсами, ответственные за большие регионы, должны оценивать пространственную изменчивость ресурсов на больших территориях с более высоким пространственным разрешением, чем это может быть обеспечено только данными наблюдений.
- Во-вторых, гидрологи и управляющие водными ресурсами заинтересованы в последствиях землепользования и изменчивости климата и изменениях в большой географической области.
- В-третьих, существует растущая потребность в использовании гидрологических моделей в качестве основы для оценки точечных и неточечных источников загрязнения, поступающего в ручьи.
- В-четвертых, гидрологи и специалисты по моделированию атмосферы заметили недостатки в представлении гидрологических процессов в региональных и глобальных моделях атмосферы.
- Примеры поддерживаемых ГИС макромасштабных гидрологических моделей включают модели, разработанные Vorosmarty et al. (1989), модель VIC (Wood et al., 1992) и Macro-PDM (Amell, 1999). Эти модели являются современными инструментами оценки водных ресурсов регионального и континентального масштаба.

Основные понятия.

- Модели – это упрощенное представление реальности!
- Обычно – простой и быстрый, по сравнению с физическими моделями, способ оценить влияние различных стратегий управления
- Модели набрали популярность во всех сферах науки с конца XXго века
- Главная идея гидрологических моделей: за определенный период времени, приток массы в определенный объём будет равняться расходу из этого объёма плюс изменение внутри объёма
- Уравнение изменения объёма: $I = O + \Delta S$

Типы гидрологических моделей

- Эмпирические – концептуальные – физические
- Цельные – распределенные
- Детерминистские – стохастические
- Одномоментные – непрерывные
- Глобальные - Локальные

Эмпирические – концептуальные – физические

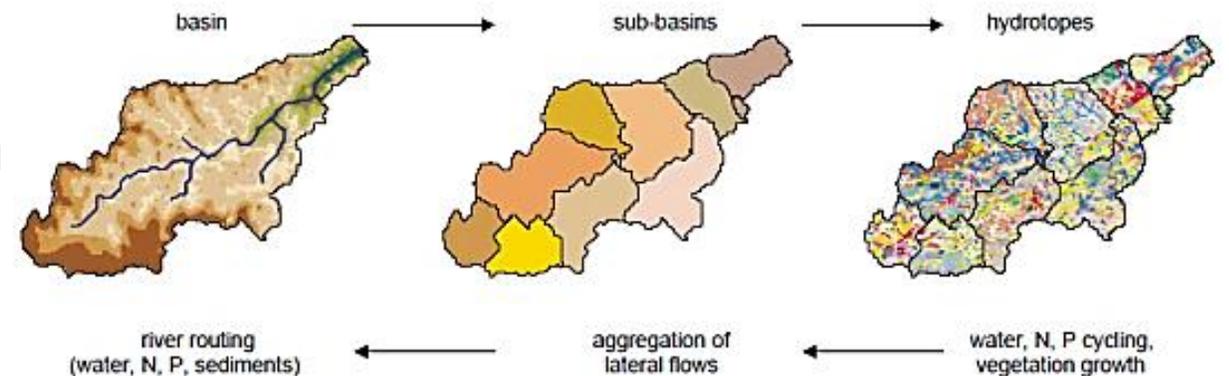
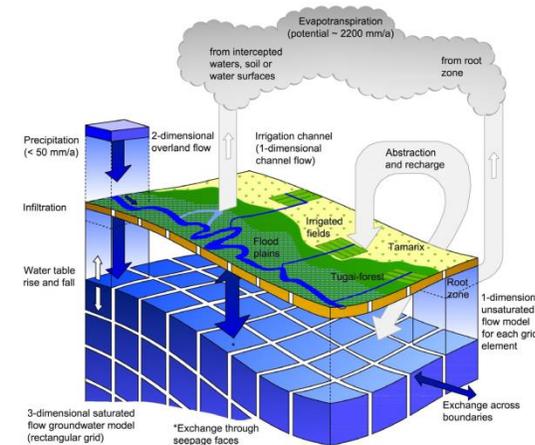
- Эмпирические - Единичный гидрограф, стохастические модели
- Физические или теоретические – используются физические законы, которые описывают различные феномены.
- Уравнения Навье — Стокса — система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающая движение вязкой ньютоновской жидкости – решения нет! Используется *численное моделирование*
- Концептуальные модели это промежуточная ступень между физическими и эмпирическими, используют физические законы, но в очень упрощенной форме.

Детерминистские – стохастические

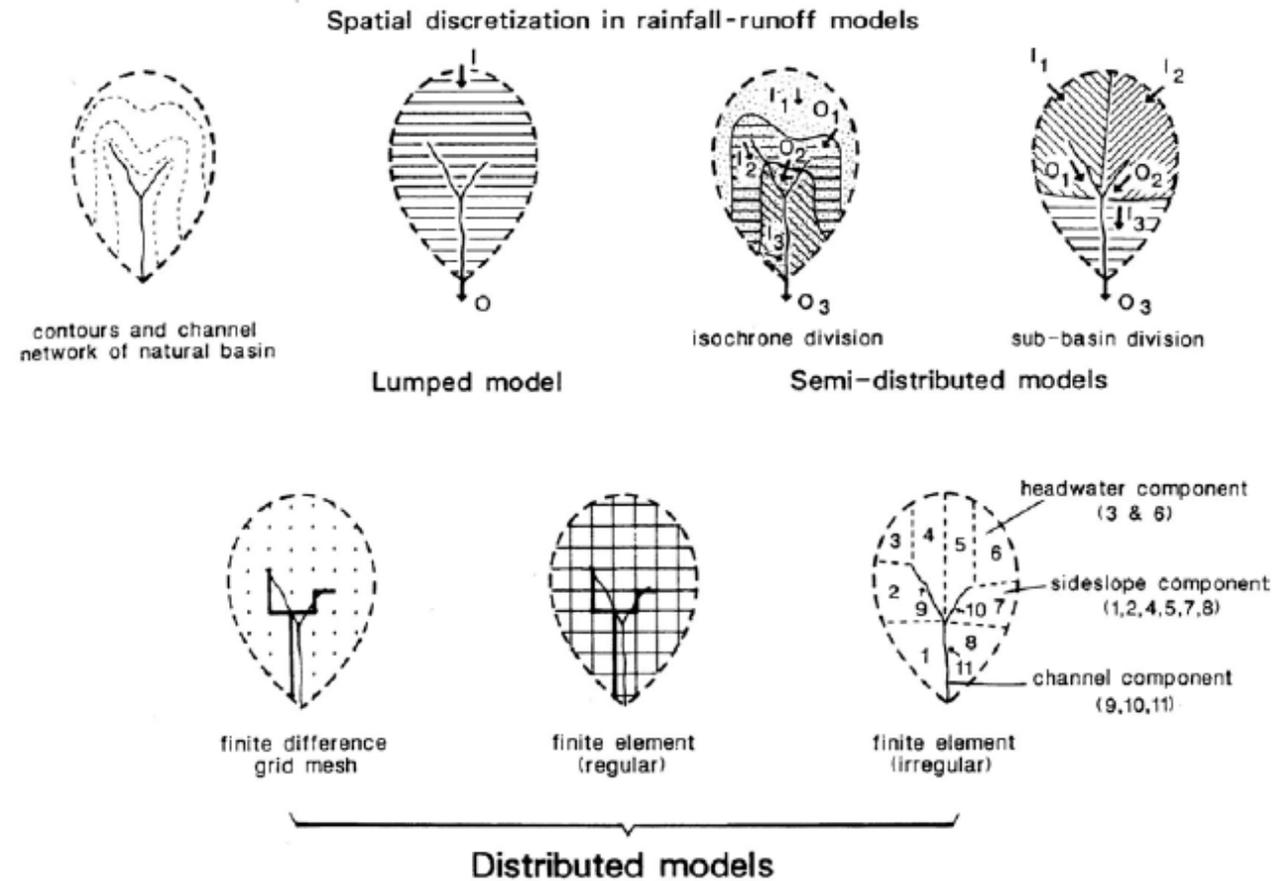
- *Black box* только данные входные и выходные, связи между ними не рассчитываются напрямую – статистические модели
 - *White box* противоположное предыдущим моделям, связи между параметрами точно известны - детерминистские модели
 - *Grey box* комбинация из white and black box, и физические формулы и данные используются для моделирования
-
- Детерминистские модели по сути при одном наборе исходных данных всегда производят один набор выходных данных
 - Стохастические модели учитывают вероятностное распределение параметров модели в зависимости от времени и значений друг друга

Цельные – распределенные

- Модель HBV моделирует весь бассейн реки как единое целое, не используя разбивку на сетку или под-бассейны. Из минусов – потеря информации
- Например модель SWAT или SWIM использует разбивку на под-бассейны и гидротопы
- Модель MIKE SHE – работает на регулярной сетке



Цельные – распределенные



Распределённые

- Полностью распределенные модели подразумевают разбивку всего домена на сетку элементов
- Основаны на решении дифференциальных уравнений с частными производными
- С помощью численного моделирования – уравнения решаются в каждой ячейке (ряды Тейлора!)
- Сильно зависят от начальных и пограничных условий
- Высокие требования по качеству и количеству входных данных – высокое разрешение необходимо для численных методов!
- Калибрация проблематична

Одномоментные – непрерывные

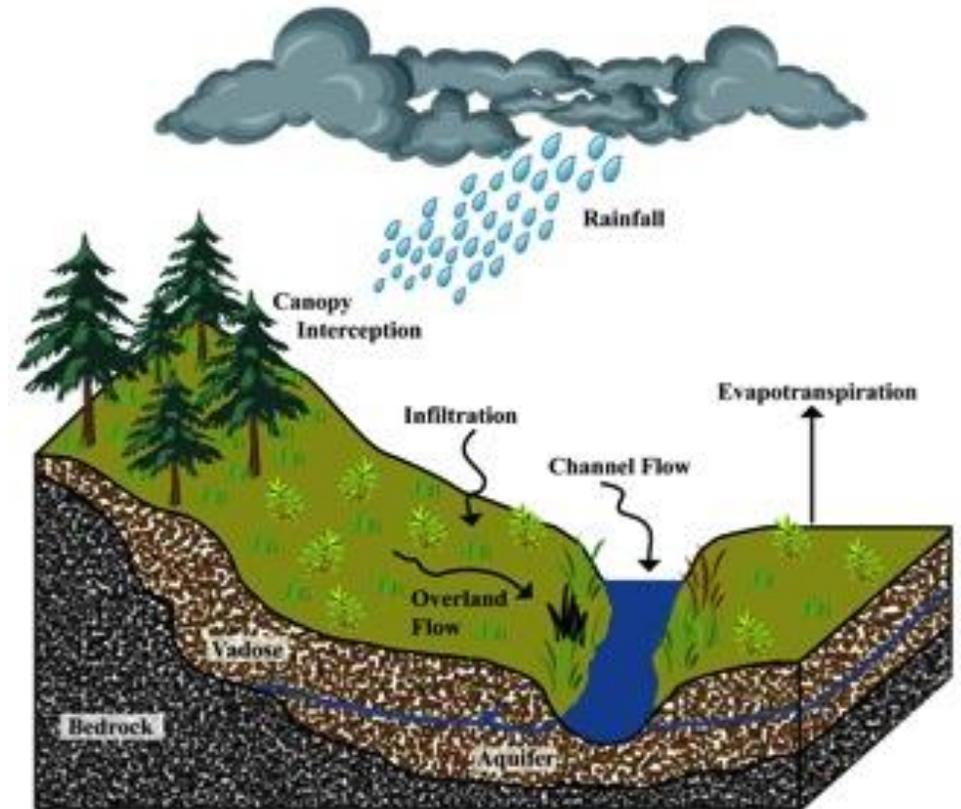
- Непрерывные модели симулируют процессы без перерывов во времени – камулятивное представление гидрологических процессов
- Одномоментные симулируют определённое событие: например, проектные осадки (design storm), чтобы изучить как бассейн реки ведёт себя в условиях возникновения осадков

Глобальные – Локальные

- Масштаб применения: Модели могут охватывать весь Земной шар и симулировать глобальный гидрологический цикл или применяться для очень локальных проблем – например перенос загрязняющих веществ с с/х полей в речной сток
- Глобальные модели: WaterGap – Water Global Assessment and Prognosis
- Есть глобальные модели в составе других моделей, например LPJm1 – глобальная вегитационная модель.

Гидрологическое моделирование процессов

- Осадки
- Испарение физическое
- Транспирация (биологическое испарение)
- Задержание пологом леса
- Поверхностный сток
- Латеральный сток
- Подземный сток
- Речной сток
- Таяние снега/ледников
- Био-химические процессы!



Выбор модели.

- Какой физический процесс мы хотим моделировать?
- Как и кто будет использовать модель?
- Качество и количество исходных данных
- Качество модели, история ее применения
- (достаточная) Простота модели
- Анализ чувствительности модели

При выборе моделей целесообразно учитывать следующие факторы и критерии:

- общая задача моделирования: гидрологическое прогнозирование с оценкой антропогенного воздействия и влияния изменения климата на естественный гидрологический режим;
- вид системы, которая моделируется: малый водосбор, водоносный горизонт, участок реки, водохранилище или крупный бассейн;
- моделируемый гидрологический элемент: паводки, среднесуточные расходы, среднемесячные расходы, уровни грунтовых вод, качество воды и т. д.;

При выборе моделей целесообразно учитывать следующие факторы и критерии:

- климатические и физико-географические характеристики водосбора;
- наличие сведений относительно типа, длины и качества данных, необходимых для калибровки и функционирования модели;
- простота модели в том, что касается сложности и простоты применения;
- возможная необходимость переноса параметров модели, полученных для малых бассейнов, на большие водосборы;
- способность модели к удобному обновлению применительно к текущим гидрометеорологическим условиям.

Применение модели.

- Задание
- Постановление цели
- Входные данные
- Компьютерные ресурсы
- Выбор типа модели
- Выбор конкретной модели
- Подготовка модели
- Калибровка модели
- Оценка модели
- Прогонка сценариев

Руководство по выбору и применению концептуальных моделей в различных гидрологических ситуациях

В документации нескольких международных проектов ВМО, выполненных с 1970-х годов, а именно:

- a) взаимное сравнение концептуальных моделей, используемых при оперативном гидрологическом прогнозировании (WMO, 1987);
- b) взаимное сравнение моделей стока весеннего половодья (WMO, 1986);
- c) имитированное взаимное сравнение гидрологических моделей в режиме реального времени (WMO, 1991a).

Оценивание параметров

Общие методы оценивания или идентификации параметров, иногда называемые калибровкой модели, разработаны для широкого диапазона динамических систем. Опыт показал, что успех этих методов зависит от наличия адекватной информации, касающейся свойств системы, и от вида функции влияния или реакции на импульс.

Существуют два основных подхода к калибровке.

Два основных подхода к калибровке.

- В первом подходе математическая модель объединяется с данными, чтобы выполнить параметризацию системы при неизвестных коэффициентах. Такая задача относится к категории некорректно поставленных обратных математических задач, которые трудно решить. В линейном случае может потребоваться обращение матрицы. Такие решения очень чувствительны к неточностям данных. Они приводят к нестабильным и множественным решениям. Оптимум, найденный с помощью оптимизирующего программного обеспечения, может быть скорее локальным, чем глобальным.

Два основных подхода к калибровке.

- Второй подход представляет собой эксперименты с различными комбинациями значений параметров с целью минимизировать или максимизировать принятый критерий оптимизации. Многочисленные подходы были разработаны специалистами по прикладной математике применительно к минимизации числа вычислений, необходимых для оптимизации значений параметров. В гидрологии применяются градиентные и неградиентные методы. Адекватность решения может в значительной степени зависеть от критериев, используемых при анализе. Значительное число таких критериев было разработано и представлено в проектах ВМО (WMO, 1986, 1987, 1991a). Их можно рекомендовать для общего использования.

Принципы для определения параметров комплексных, концептуальных гидрологических моделей.

- Следующие принципы рекомендуются для определения параметров комплексных, концептуальных гидрологических моделей, состоящих из нескольких компонентов:
 - раздельное тестирование компонентов модели с использованием всей доступной экспериментальной и научной информации. Хорошо известно, что при определении всех без исключения параметров модели посредством оптимизации возможно получение нереальных значений параметров, иногда даже выходящих за пределы их физических границ. Это происходит в том случае, когда некоторые элементы модели содержат систематические ошибки, которые впоследствии компенсируются внутри модели. Для того чтобы избежать таких ситуаций, рекомендуется раздельно определять параметры комплексных концептуальных моделей для каждого основного компонента, а не глобально;

Принципы для определения параметров комплексных, концептуальных гидрологических моделей.

- использование для калибровки моделей данных не менее чем за трехлетний период и другого периода времени аналогичной продолжительности для верификации модели. Периоды для калибровки и верификации следует выбирать таким образом, чтобы они отражали характерные условия формирования стока, например паводок, вызванный дождями; половодье, вызванное снеготаянием, и низкий сток;

Принципы для определения параметров комплексных, концептуальных гидрологических моделей.

- в тех случаях, когда гидрологический режим бассейна находится под влиянием антропогенных воздействий, рекомендуется калибровать модель применительно к условиям естественного режима стока. Впоследствии значения некоторых параметров могут быть изменены для того, чтобы учитывались антропогенные воздействия. Проверка параметров модели должна быть выполнена по репрезентативному периоду, не затронутому деятельностью человека.

Параметры гидродинамических моделей

- Параметры гидродинамических моделей представляют собой характеристики бассейна, например шероховатость склонов и речного русла, фильтрационная способность почвы и пористость почвы. В принципе, все эти параметры имеют физическую основу и определяются по данным полевых измерений, а не посредством оптимизации. Однако на практике это не всегда возможно.

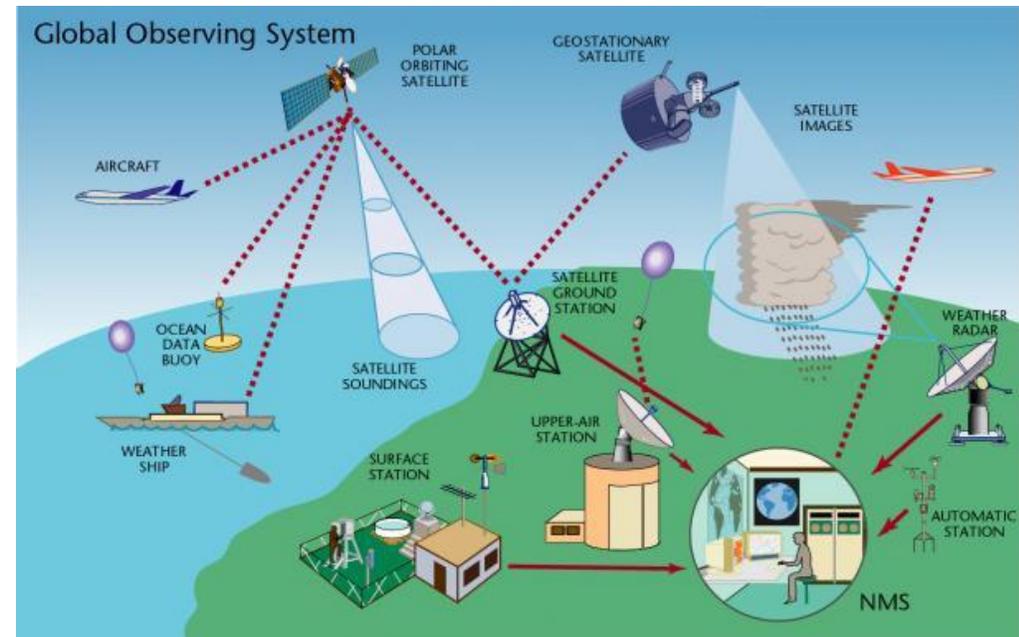
Применение различных данных наземных и спутниковых наблюдений. Климатические базы данных.

Станционные климатические данные

Интерполированные климатические данные в грид формате

Данные реанализа

Спутниковые данные



Источник: <https://www.climateurope.eu/climate-observations-a-first-definition/>

Климатические базы данных - наблюдения

Данные со станций/WMO

- Нерегулярное разрешение, пропуски, ошибки
- Различный формат

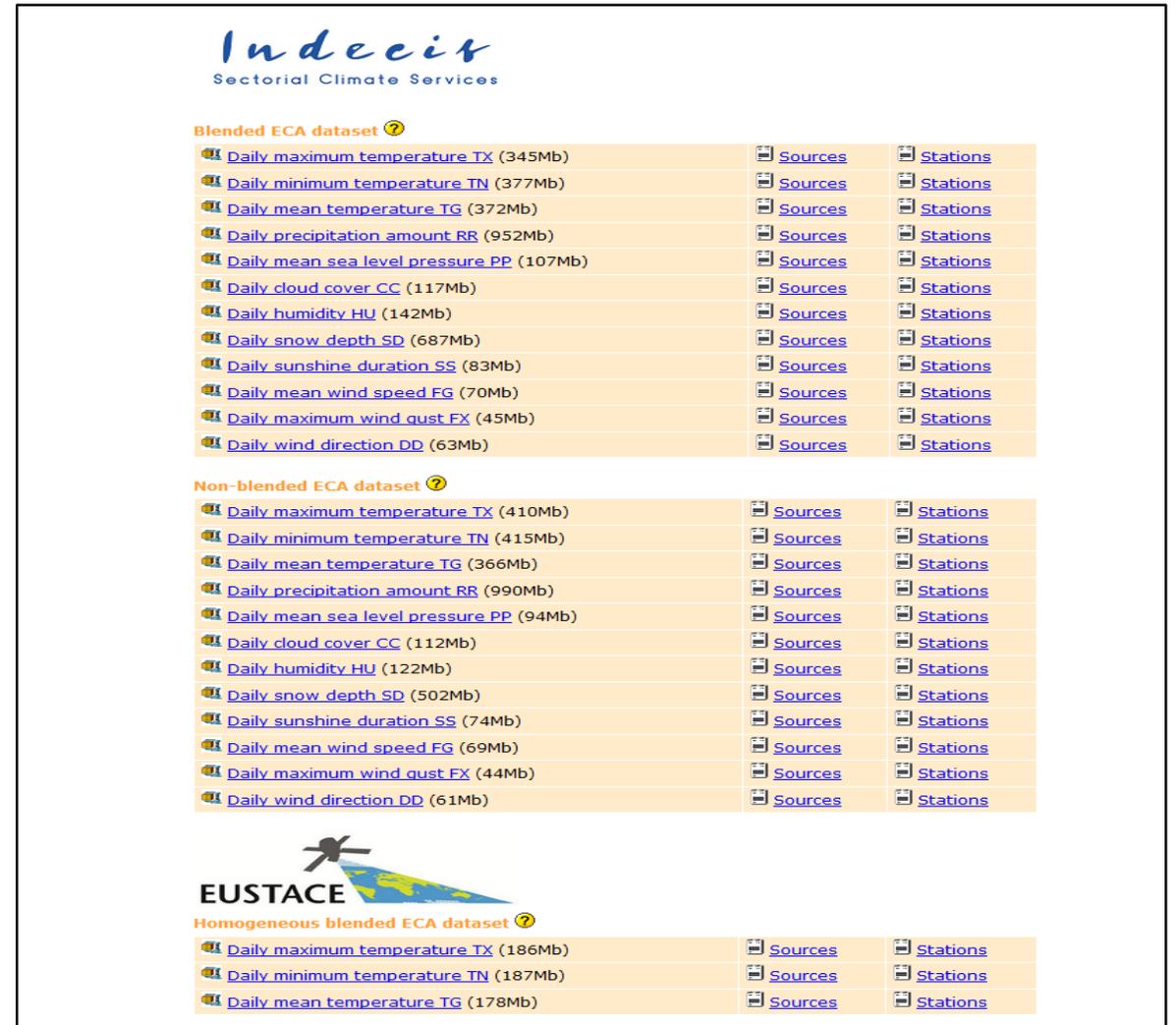
Примеры:

- European Climate Assessment & Dataset project
- NOAA Database

Климатические базы данных - станционные наблюдения

European Climate Assessment
&
Dataset project

www.ecad.eu



The screenshot displays the Indecis website interface, which is part of Sectorial Climate Services. It lists various climate datasets categorized into Blended ECA, Non-blended ECA, and Homogeneous blended ECA. Each dataset entry includes a name, file size, and links to 'Sources' and 'Stations'.

Indecis
Sectorial Climate Services

Blended ECA dataset ?

Daily maximum temperature TX (345Mb)	Sources	Stations
Daily minimum temperature TN (377Mb)	Sources	Stations
Daily mean temperature TG (372Mb)	Sources	Stations
Daily precipitation amount RR (952Mb)	Sources	Stations
Daily mean sea level pressure PP (107Mb)	Sources	Stations
Daily cloud cover CC (117Mb)	Sources	Stations
Daily humidity HU (142Mb)	Sources	Stations
Daily snow depth SD (687Mb)	Sources	Stations
Daily sunshine duration SS (83Mb)	Sources	Stations
Daily mean wind speed FG (70Mb)	Sources	Stations
Daily maximum wind gust FX (45Mb)	Sources	Stations
Daily wind direction DD (63Mb)	Sources	Stations

Non-blended ECA dataset ?

Daily maximum temperature TX (410Mb)	Sources	Stations
Daily minimum temperature TN (415Mb)	Sources	Stations
Daily mean temperature TG (366Mb)	Sources	Stations
Daily precipitation amount RR (990Mb)	Sources	Stations
Daily mean sea level pressure PP (94Mb)	Sources	Stations
Daily cloud cover CC (112Mb)	Sources	Stations
Daily humidity HU (122Mb)	Sources	Stations
Daily snow depth SD (502Mb)	Sources	Stations
Daily sunshine duration SS (74Mb)	Sources	Stations
Daily mean wind speed FG (69Mb)	Sources	Stations
Daily maximum wind gust FX (44Mb)	Sources	Stations
Daily wind direction DD (61Mb)	Sources	Stations

EUSTACE

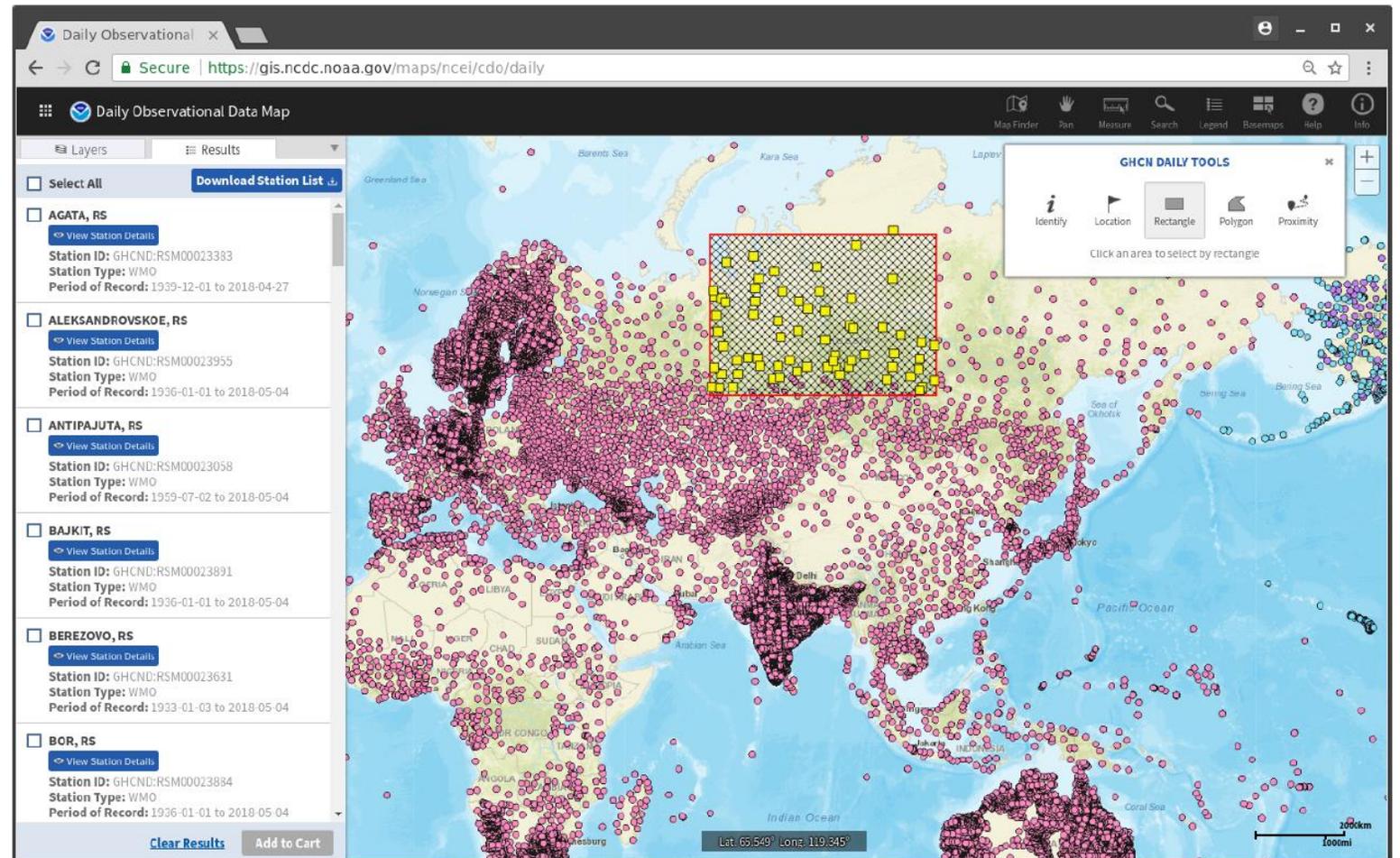
Homogeneous blended ECA dataset ?

Daily maximum temperature TX (186Mb)	Sources	Stations
Daily minimum temperature TN (187Mb)	Sources	Stations
Daily mean temperature TG (178Mb)	Sources	Stations

Климатические базы данных - станционные наблюдения

NOAA

<https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/> → Mapping Tool



Климатические базы данных – стационарные наблюдения

Asian Precipitation-Highly Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of the Water Resources

APHRODITE

<http://aphrodite.st.hirosaki-u.ac.jp/>



The screenshot displays the APHRODITE website interface. At the top, the header reads "APHRODITE's Water Resources" with the subtitle "Asian Precipitation - Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of the Water Resources". Navigation links for "SITEMAP" and "JAPANESE" are visible in the top right corner. A large banner image shows a snow-covered mountain range under a clear blue sky. Below the banner, a left sidebar contains a menu with items: "Scope", "Products", "Conditions and Policies", "Project Members", "Publication List", and "Links (acknowledge)". The main content area features a "Topics" section with a list of recent updates, including releases of precipitation and climatology data, funding announcements, and server maintenance notices. An "About APHRODITE" section is partially visible at the bottom.

APHRODITE's Water Resources
Asian Precipitation - Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of the Water Resources

> SITEMAP | > JAPANESE

Scope

Products

Conditions and Policies

Project Members

Publication List

Links (acknowledge)

Topics

- 2019.04.19 We released **V1901(MA)** daily precipitation and climatology.
- 2019.03.29 APHRODITE-2 funding ended. You are welcome to send comments/questions at aphrodite.precinfo@gmail.com; however, our support will not be as frequent as we were.
- 2018.11.13 We will have a maintenance of the web server from 9:30 to 10:30 JST (0:30-1:30 UTC) on 13 November. We apologize for the inconvenience in advance.
- 2018.11.09 We released V1801_R1(MA).
- 2018.09.27 We released V1801_MA, V1101EX, V1808_MA (temperature), and APHRO_JP (V1207R3).

About APHRODITE

Климатические базы данных сеточные наблюдения

APHRODITE

- Monsoon Asia: APHRO_MA
- Middle East: APHRO_ME
- Northern Eurasia(Russia): APHRO_RU
- Combined Eurasia: APHRO_PR
- Japan hi-resolution: APHRO_JP
- Daily mean temperature(Monsoon Asia): AphroTemp

<http://aphrodite.st.hirosaki-u.ac.jp/>



The screenshot displays the APHRODITE website interface. At the top, the header reads "APHRODITE's Water Resources" with the subtitle "Asian Precipitation - Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation". Navigation links for "SITEMAP" and "JAPANESE" are visible in the top right. A large banner image shows a snow-covered mountain range under a blue sky. Below the banner, there are two main sections: a left sidebar with a vertical menu containing "Scope", "Products", "Conditions and Policies", "Project Members", "Publication List", and "Links (acknowledge)"; and a right section titled "Topics" with a list of recent news items, including dates and brief descriptions of releases and funding updates. At the bottom of the page, there is a section titled "About APHRODITE".

Климатические базы данных – сеточные наблюдения

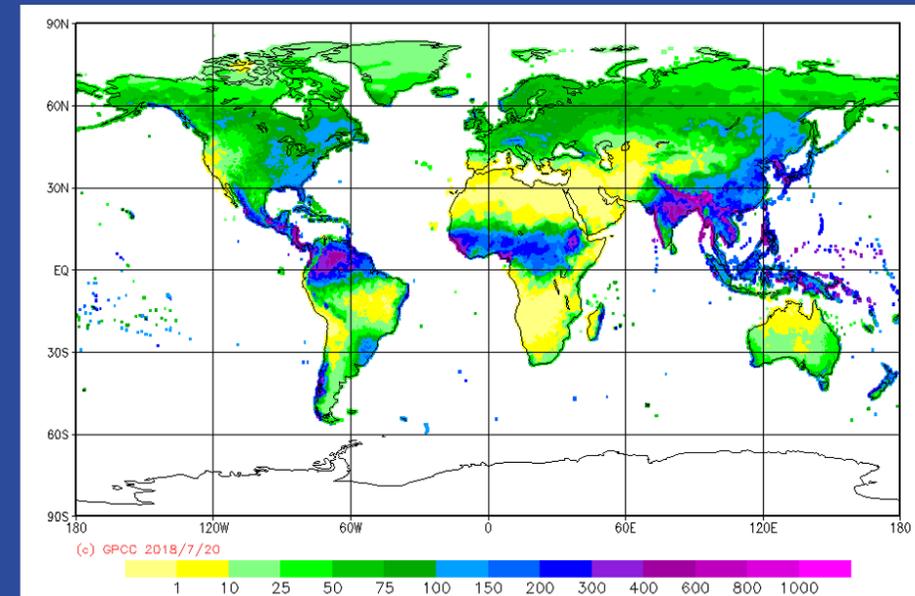
The Global Precipitation
Climatology Centre
(GPCC)

<https://www.dwd.de/EN/ourservices/gpcc/gpcc.html>



Homepage > Our services

Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) DE



GPCC Normals Version 2018 for July

Климатические базы данных - реанализ

- Комбинация симуляции ГЦМ и РКМ и наблюдаённых данных
- Большое количество климатических переменных
- Без пропусков и высоким пространственным и временным разрешением
- Качество зависит и от модели и от качества наблюдаённых данных, по которым выполняется корректировка

Климатические базы данных

WATCH

Watch Forcing Data 20th century

WATCH-Forcing-Data-ERA-Interim

<http://www.eu-watch.org>



WATCH
Water and Global Change

Home
About
Research Work
Global Modelling
Publications
Data for Researchers
Info for Policy Makers
Water Cycle Webpage
Archive with News & Events
Picture Gallery
Contact
Search

Welcome to the EU WATCH website

The Global Water Cycle is an integral part of the Earth System. It plays a central role in global atmospheric circulations, controlling the global energy cycle (through latent heat) as well as the carbon, nutrient and sediment cycles. Globally, the supply of fresh water far exceeds human requirements. However, by the end of the 21st century, these requirements begin to approach the total available water. Of course, regionally, the water demand – for agriculture, and domestic and industrial use – already exceeds supply ([more](#)).

This Integrated Project Water and Global Change (WATCH, 2007-2011), funded under the EU FP6, brought together the hydrological, water resources and climate communities to analyse, quantify and predict the components of the current and future global water cycles and related water resources states; evaluated their uncertainties and clarified the overall vulnerability of global water resources related to the main societal and economic sectors (read more [about the work](#)).

18 of the world's major river basins

The final report of the Water and Global Change programme (WATCH), an extensive analysis of the world's water resources, was made [available](#) on October 13, 2011, significantly expanding our understanding of climate change and land use impacts on the global hydrological cycle. [Read more](#)

Recent
> [Read our Technical Reports](#)

This project is co-ordinated by

 Centre for Ecology & Hydrology
NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL
Centre for Ecology and Hydrology
Wallingford, United Kingdom

 WAGENINGEN UR
for quality of life
Wageningen UR, Earth System
Science and Climate Change group
Wageningen, the Netherlands

Importance of WATCH
Providing policy makers with a consistent and clear assessment of flows, floods and droughts for present and future scenarios.

EU WATCH © 2007 - 2011 | Contact

Климатические базы данных

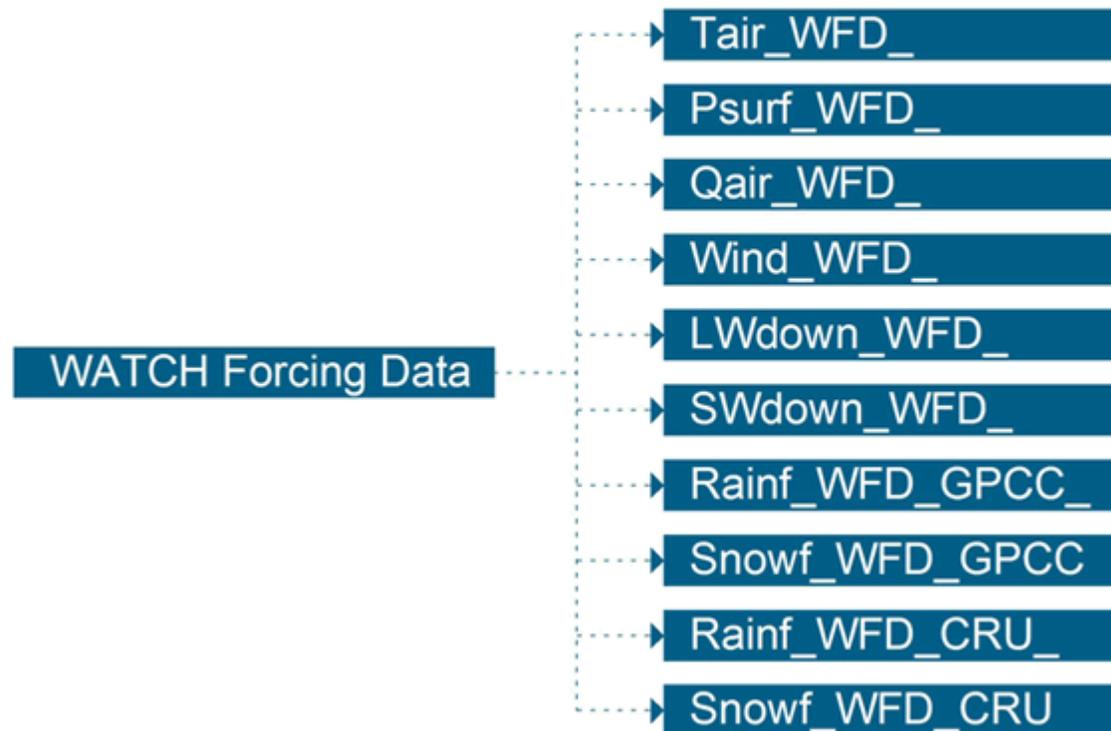
WATCH

Watch Forcing Data 20th century

WATCH-Forcing-Data-ERA-Interim

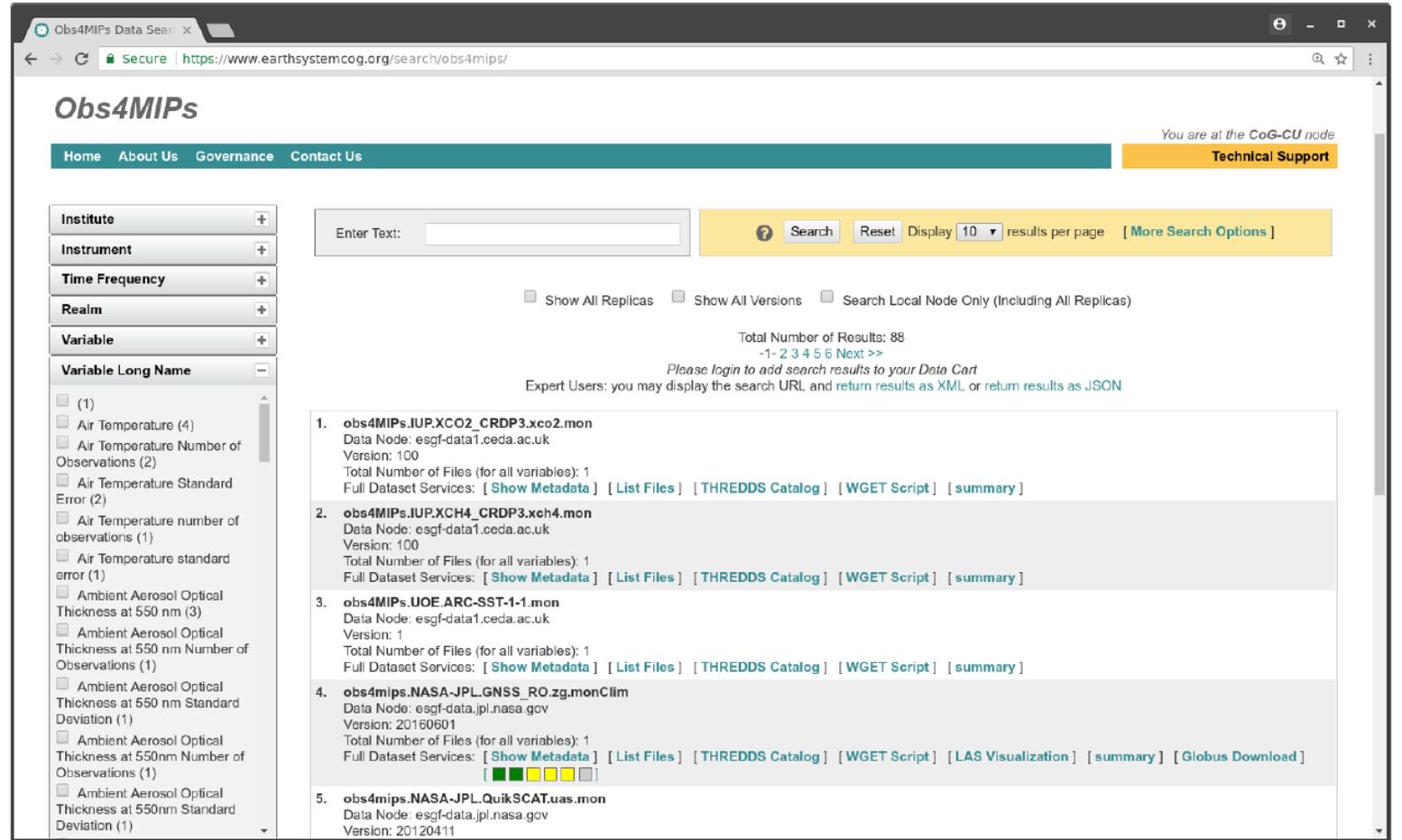
<http://www.eu-watch.org>

Data generated in 2 tranches with slightly different methodology: 1901-1957 and 1958-2001. 5 variables are at 6 hourly resolution and 5 variables are at 3 hourly resolution.



Климатические базы данных

OBS4MIPs – Наблюдения
для проектов по
сравнению климатических
моделей, таких как CMIP5
CMIP6
Архив данных в формате
ncdf



The screenshot displays the Obs4MIPs Data Search interface. The browser address bar shows the URL <https://www.earthsystemcog.org/search/obs4mips/>. The page header includes navigation links for Home, About Us, Governance, and Contact Us, along with a Technical Support link. A search bar is present with an "Enter Text:" input field, a search button, a "Reset" button, and a "Display 10 results per page" dropdown menu. Below the search bar, there are checkboxes for "Show All Replicas", "Show All Versions", and "Search Local Node Only (Including All Replicas)". The search results section shows a total of 88 results, with a pagination control "-1- 2 3 4 5 6 Next >>". A note indicates that users should login to add search results to their Data Cart and that expert users can display the search URL and return results as XML or JSON. The results list includes five entries, each with a title, data node, version, total number of files, and links for metadata, files, catalog, and scripts.

Obs4MIPs

Home About Us Governance Contact Us You are at the CoG-CU node
Technical Support

Institute +
Instrument +
Time Frequency +
Realm +
Variable +
Variable Long Name -

Enter Text: Display 10 results per page [More Search Options](#)

Show All Replicas Show All Versions Search Local Node Only (Including All Replicas)

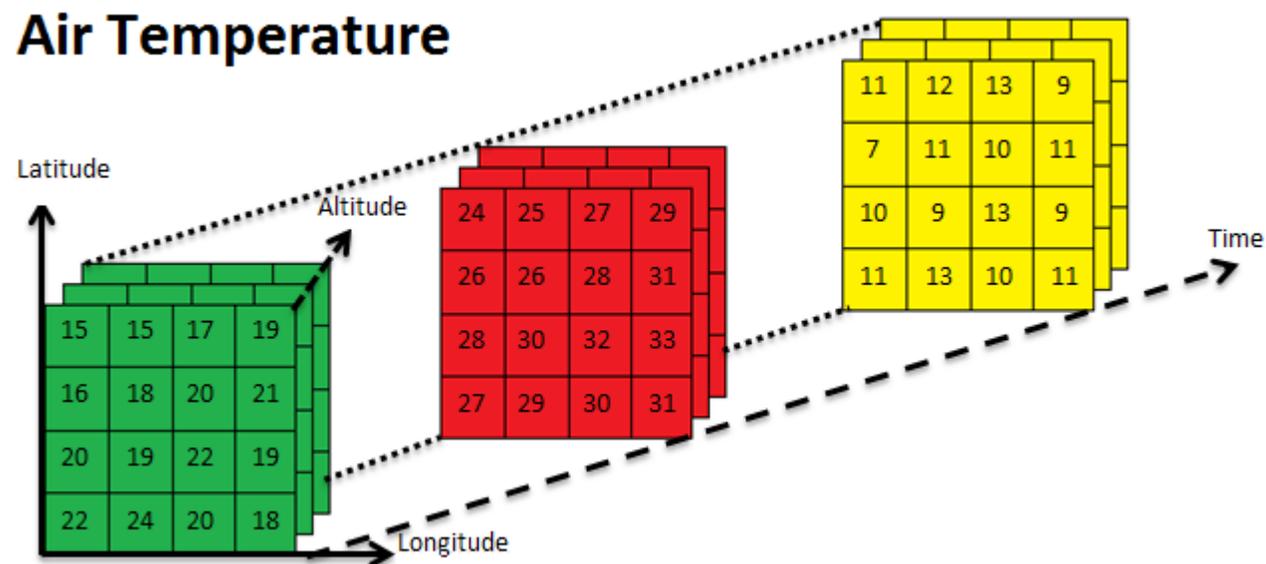
Total Number of Results: 88
-1- 2 3 4 5 6 Next >>
Please login to add search results to your Data Cart
Expert Users: you may display the search URL and return results as XML or return results as JSON

- obs4MIPs.IUP.XCO2_CRDP3.xco2.mon**
Data Node: esgf-data1.ceda.ac.uk
Version: 100
Total Number of Files (for all variables): 1
Full Dataset Services: [Show Metadata](#) [List Files](#) [THREDDS Catalog](#) [WGET Script](#) [summary](#)
- obs4MIPs.IUP.XCH4_CRDP3.xch4.mon**
Data Node: esgf-data1.ceda.ac.uk
Version: 100
Total Number of Files (for all variables): 1
Full Dataset Services: [Show Metadata](#) [List Files](#) [THREDDS Catalog](#) [WGET Script](#) [summary](#)
- obs4MIPs.UOE.ARC-SST-1-1.mon**
Data Node: esgf-data1.ceda.ac.uk
Version: 1
Total Number of Files (for all variables): 1
Full Dataset Services: [Show Metadata](#) [List Files](#) [THREDDS Catalog](#) [WGET Script](#) [summary](#)
- obs4mips.NASA-JPL.GNSS_RO.zg.monClim**
Data Node: esgf-data.jpl.nasa.gov
Version: 20160601
Total Number of Files (for all variables): 1
Full Dataset Services: [Show Metadata](#) [List Files](#) [THREDDS Catalog](#) [WGET Script](#) [LAS Visualization](#) [summary](#) [Globus Download](#)
- obs4mips.NASA-JPL.QuikSCAT.uas.mon**
Data Node: esgf-data.jpl.nasa.gov
Version: 20120411

Климатические базы данных

NetCDF Format

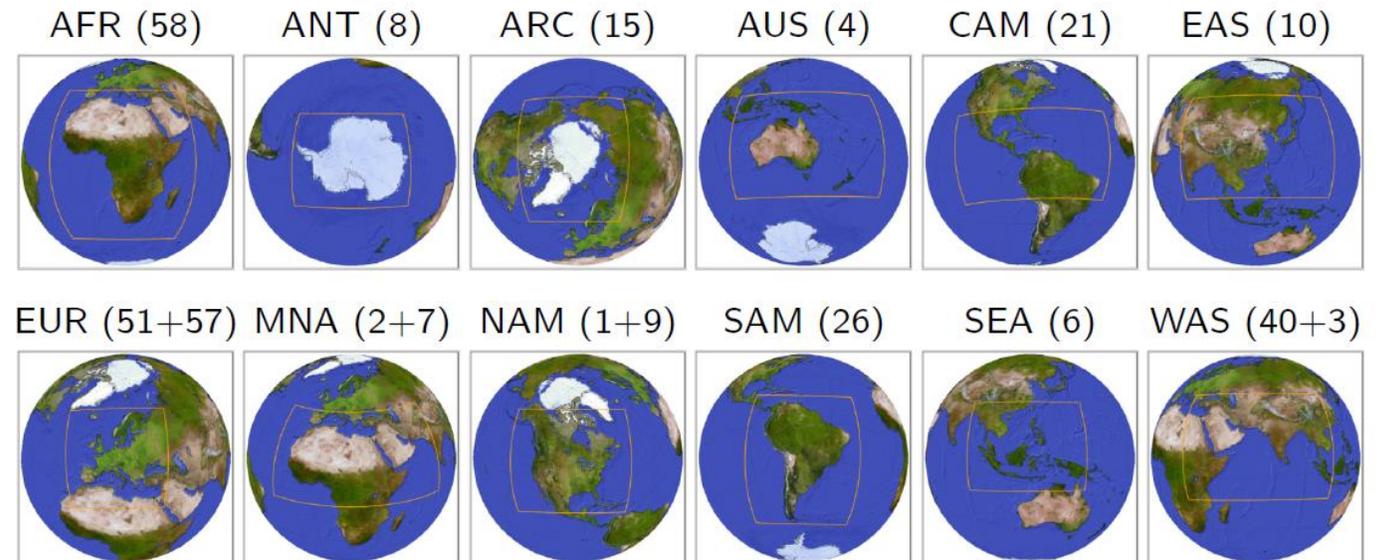
Network Common Data Form



Источник: https://geoserver.geo-solutions.it/edu/en/multidim/netcdf/netcdf_basics.html

Климатические базы данных – проекции изменения климата

- Данные Глобальных Циркуляционных моделей – CMIP5, CMIP6 «Проект по сравнению климатических моделей»
- Данные регионализированные с помощью Региональных Циркуляционных Моделей – CORDEX «Проект по глобальной регионализации данных климатических моделей» - 14 глобальных регионов



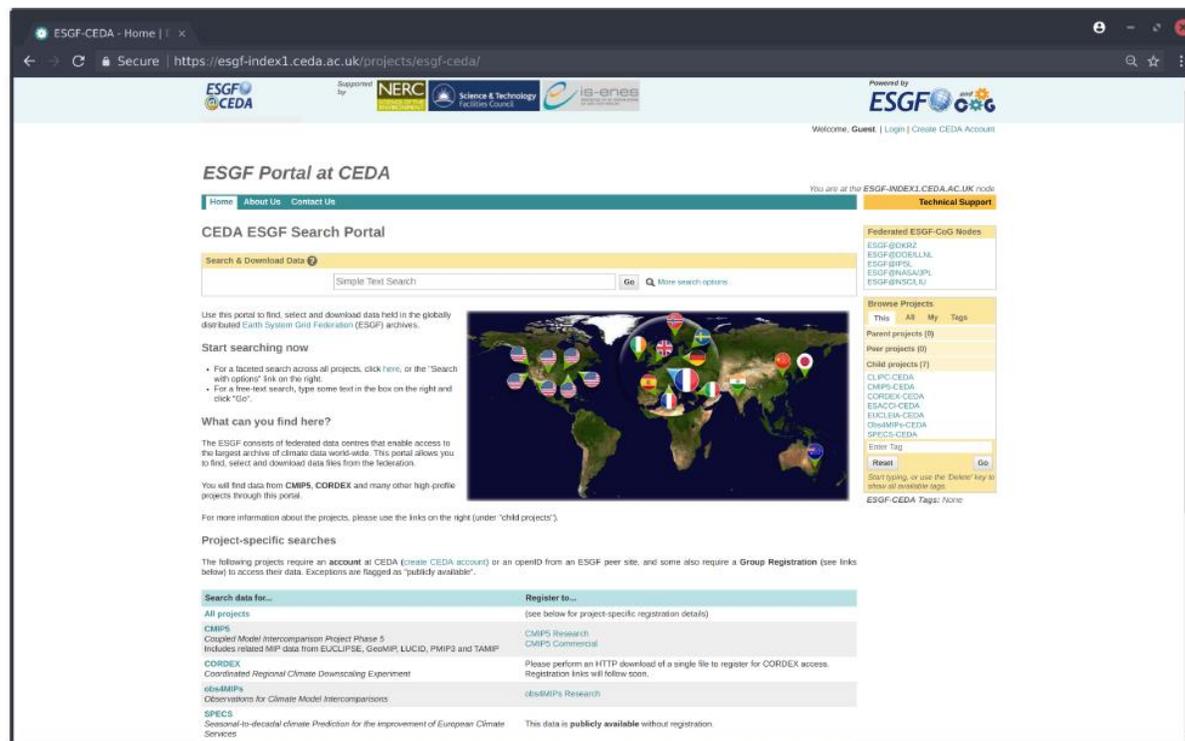
Климатические базы данных – проекции изменения климата

- Где получить данные? Сайт ESGF!

Lawrence Livermore National Laboratory (DOE)
Jet Propulsion Laboratory (NASA)
German Climate Computing Centre (DKRZ)
Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL)
National Computational Infrastructure (NCI)
Centre for Environmental Data Analysis (CEDA)

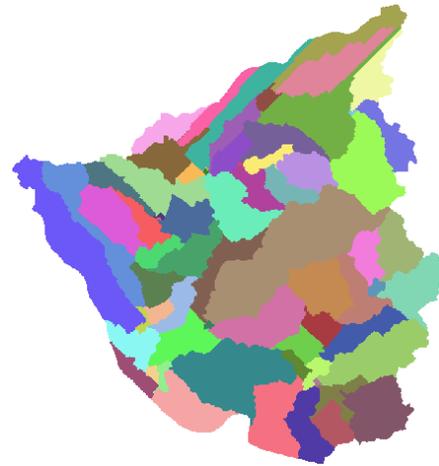
<https://esgf-node.llnl.gov/>
<https://esgf-node.jpl.nasa.gov/>
<https://esgf-data.dkrz.de/>
<https://esgf-node.ipsl.upmc.fr/>
<https://esgf.nci.org.au/>
<https://esgf-index1.ceda.ac.uk/>

ESGF это платформа которая открывает доступ к климатическим данным наблюдённым и смоделированным ()– скачивание возможно напрямую через веб интерфейс

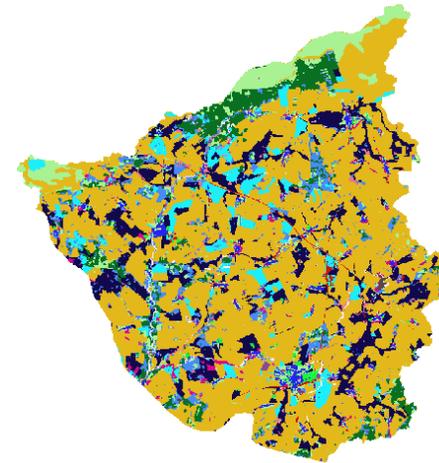


Глобальные базы пространственных данных

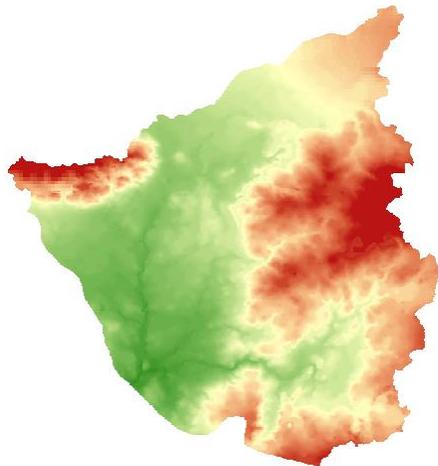
Подбассейны



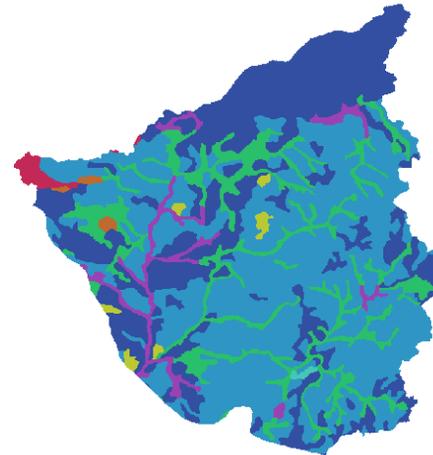
Землепользование



Топография



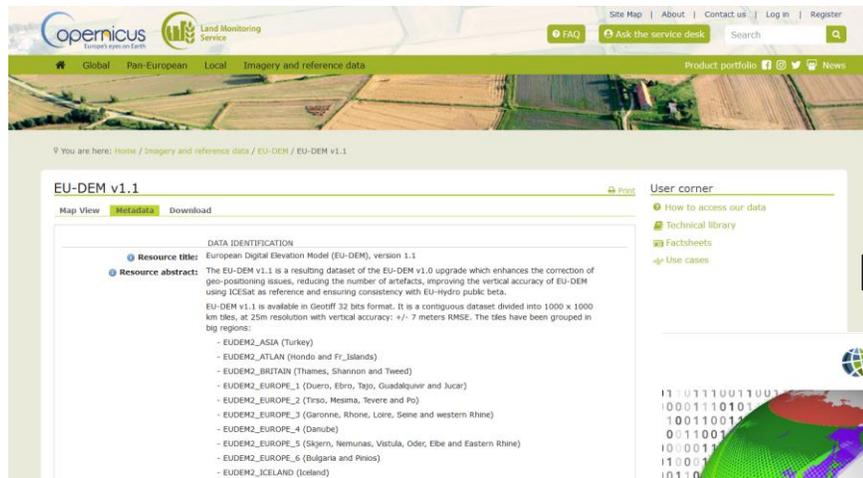
Почвы



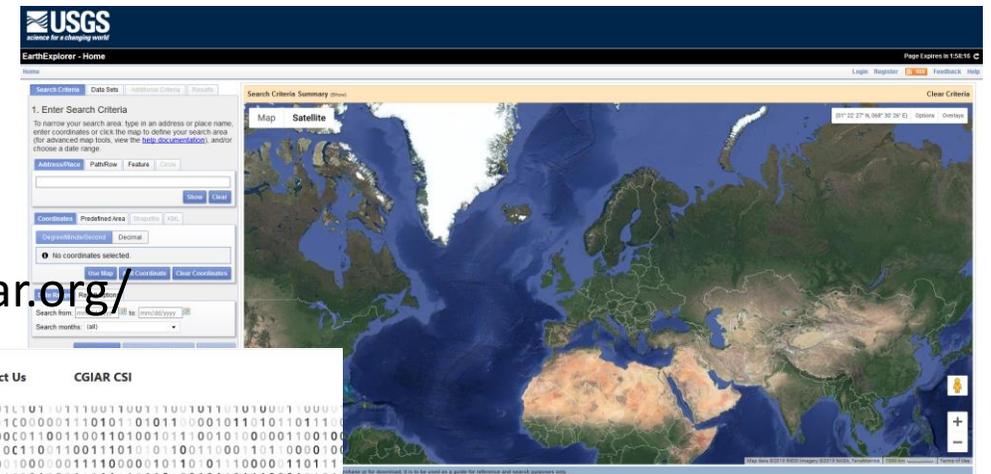
Глобальные базы пространственных данных

Цифровая Модель Рельефа

<https://land.copernicus.eu>



<https://earthexplorer.usgs.gov/>



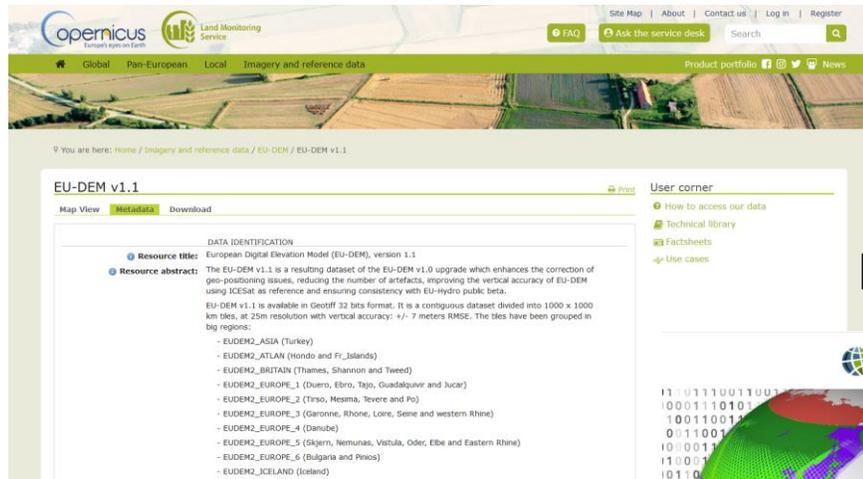
<http://srtm.csi.cgiar.org/>



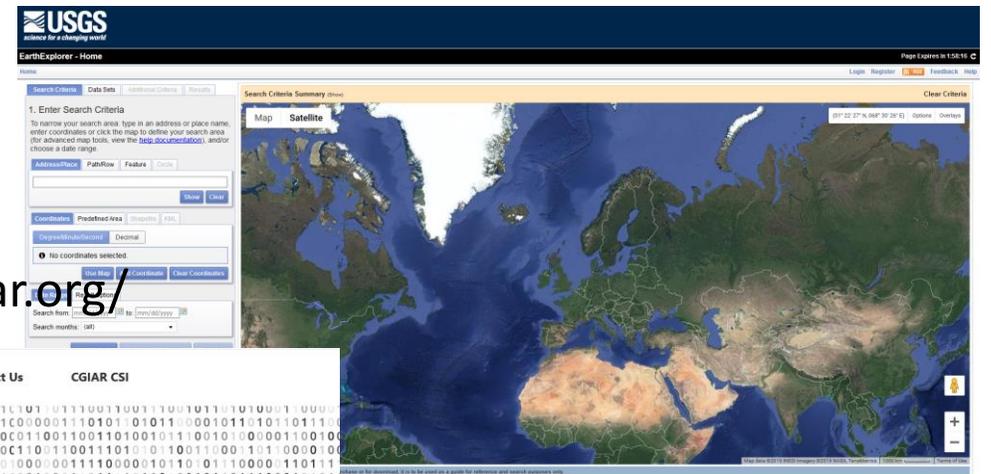
Глобальные базы пространственных данных

Цифровая Модель Рельефа

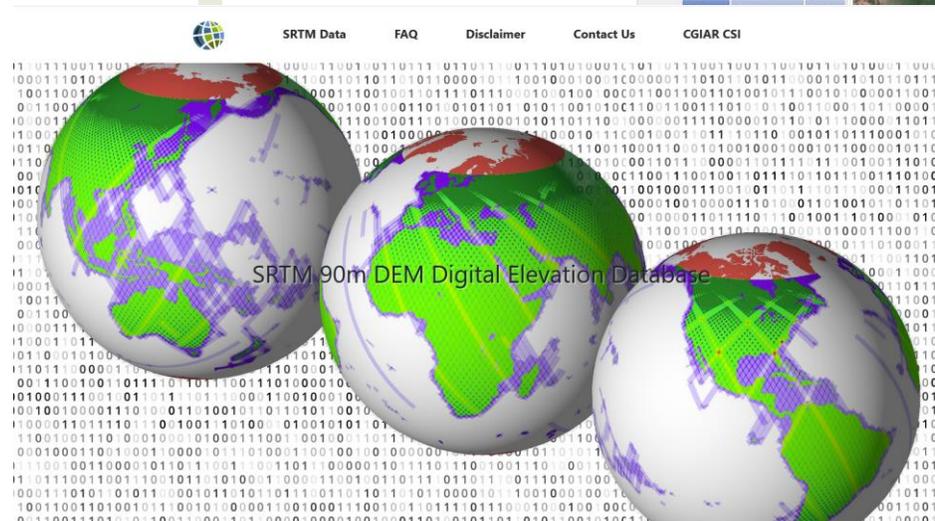
<https://land.copernicus.eu>



<https://earthexplorer.usgs.gov/>



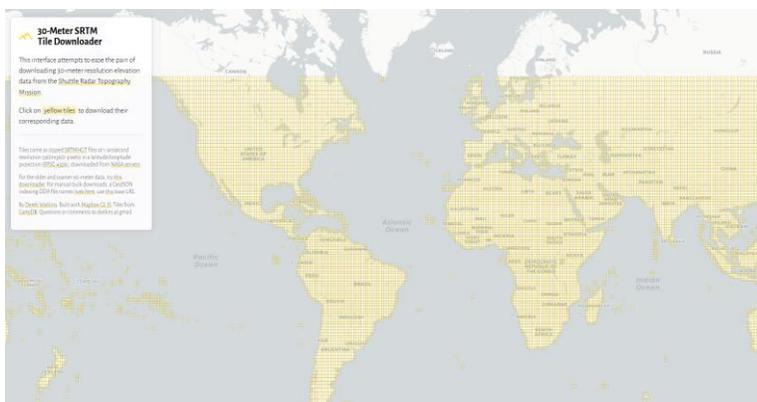
<http://srtm.csi.cgiar.org/>



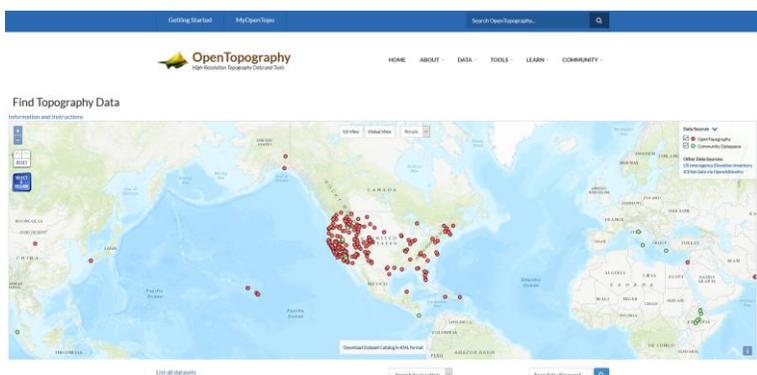
Глобальные базы пространственных данных

Цифровая Модель Рельефа

<http://dwtkns.com/srtm30m/>



<http://opentopo.sdsc.edu/datasets>



- USGS SRTM Mission Summary –
https://lta.cr.usgs.gov/srtm/mission_summary
- Why Map the World with Radar –
https://lta.cr.usgs.gov/srtm/why_map_world
- SRTM Data Distribution Policy –
https://lta.cr.usgs.gov/srtm/data_distribution_policy
- Interferometry and SRTM - An Overview –
https://lta.cr.usgs.gov/srtm/interferometry_overview
- Coverage Maps –
https://lta.cr.usgs.gov/srtm/coverage_maps
- SRTM Image Gallery –
<https://lta.cr.usgs.gov/srtm/imagegallery>
- NASA JPL SRTM –
<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/mission.htm>

Глобальные базы пространственных данных

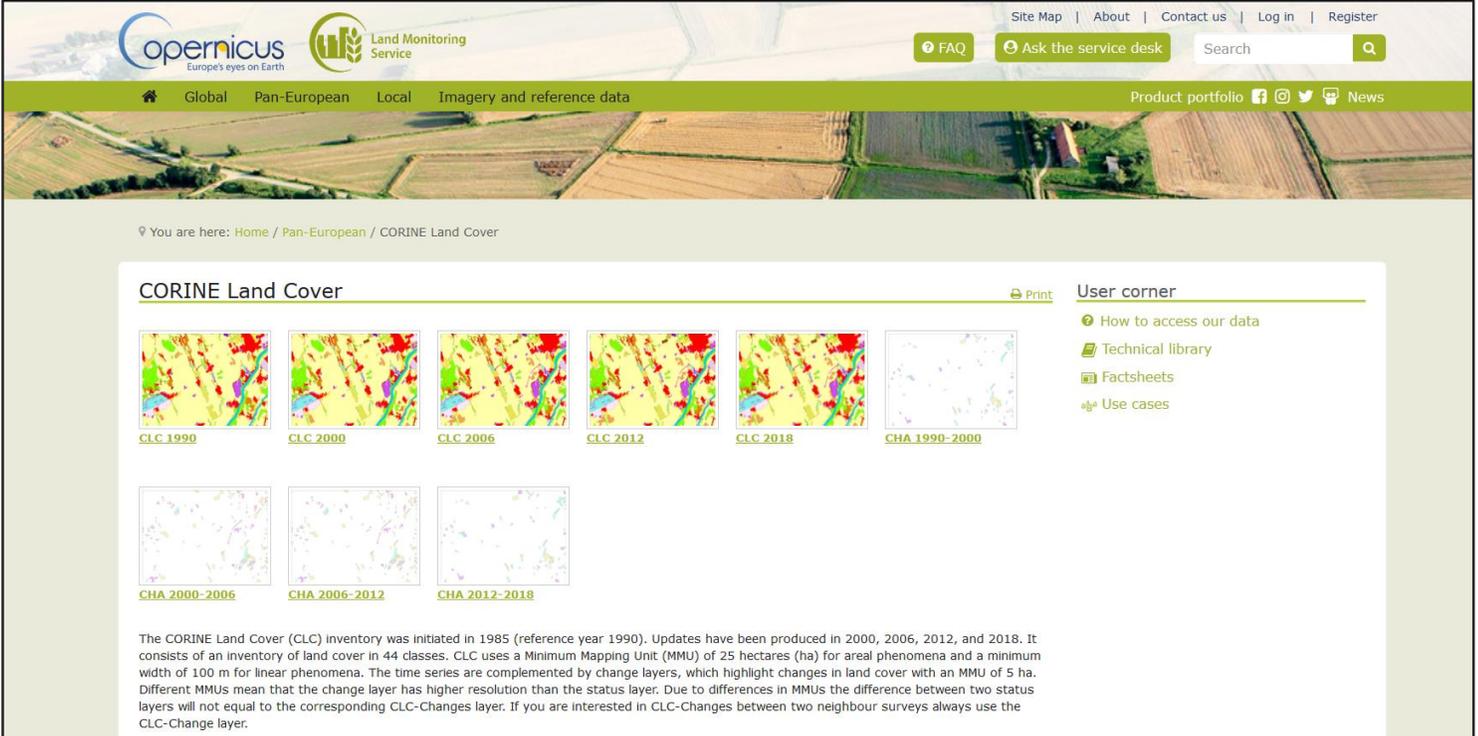
Землепользование

CORINE Land Cover

44 класса

39 стран

[https://land.copernicus.eu/
pan-european/corine-land-cover](https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover)



The screenshot displays the Copernicus Land Monitoring Service website. The header includes the Copernicus logo and navigation links such as 'Global', 'Pan-European', 'Local', and 'Imagery and reference data'. A search bar and a 'Product portfolio' section are also visible. The main content area is titled 'CORINE Land Cover' and features a grid of map thumbnails for different years and change layers: CLC 1990, CLC 2000, CLC 2006, CLC 2012, CLC 2018, CHA 1990-2000, CHA 2000-2006, CHA 2006-2012, and CHA 2012-2018. A 'User corner' sidebar on the right provides links to 'How to access our data', 'Technical library', 'Factsheets', and 'Use cases'. A detailed text block at the bottom explains the CORINE Land Cover (CLC) inventory, its 44 classes, and the use of Minimum Mapping Units (MMU) for areal and linear phenomena.

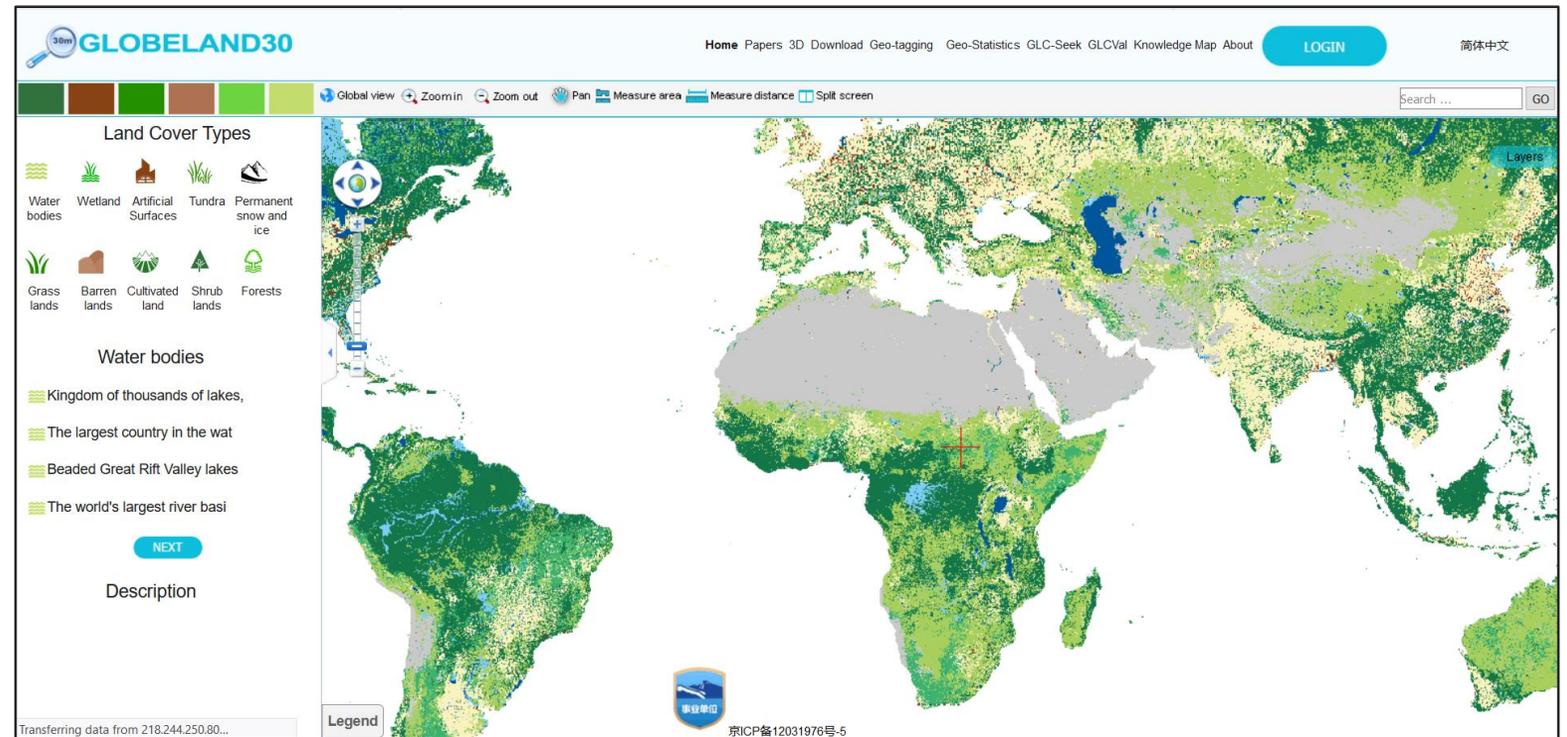
The CORINE Land Cover (CLC) inventory was initiated in 1985 (reference year 1990). Updates have been produced in 2000, 2006, 2012, and 2018. It consists of an inventory of land cover in 44 classes. CLC uses a Minimum Mapping Unit (MMU) of 25 hectares (ha) for areal phenomena and a minimum width of 100 m for linear phenomena. The time series are complemented by change layers, which highlight changes in land cover with an MMU of 5 ha. Different MMUs mean that the change layer has higher resolution than the status layer. Due to differences in MMUs the difference between two status layers will not equal to the corresponding CLC-Changes layer. If you are interested in CLC-Changes between two neighbour surveys always use the CLC-Change layer.

Глобальные базы пространственных данных

Землепользование

GlobeLand30

10 классов



<http://www.globallandcover.com>

Глобальные базы пространственных данных

Землепользование

GLOBCOVER 2009

300 м

22 класса

[http://due.esrin.esa.int/
page_globcover.php](http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php)

due
data user element

esa

ESA DUE HOME USERS PROJECTS COMPANIES

INFORMATION
User Partnership
User Workshops
SENTINEL 2
MWBS 2018
MWBS 2015
MUAS 2018
MUAS 2015
News
FAQ

DUE DATA
ATSR World Fire Atlas
GlobCover
Sentinel-2 Time Series Emulation

ESA Data User Element > GlobCover

GlobCover

Welcome to the European Space Agency GlobCover Portal

The GlobCover Portal provides access to the results of the GlobCover project. GlobCover is an ESA initiative which began in 2005 in partnership with JRC, EEA, FAO, UNEP, GOCF-GOLD and IGBP. The aim of the project was to develop a service capable of delivering global composites and land cover maps using as input observations from the 300m MERIS sensor on board the ENVISAT satellite mission. ESA makes available the land cover maps, which cover 2 periods: December 2004 - June 2006 and January - December 2009.

Please see below the links to download the products.

MWBS 2018

MUAS 2018

S2 prototype LC map at 20m of Africa 2016 - Users Feedback Compendium - 6th Feb 2018

Глобальные базы пространственных данных

Почвы

Harmonized World Soil Database

30 arc-sec

22 класса

*[http://www.fao.org/
soils-portal/soil-survey/soil-maps-
and-databases/en/](http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/soil-maps-and-databases/en/)*



The screenshot shows the FAO Soils Portal website. At the top, there is a blue header with the FAO logo and the text "Food and Agriculture Organization of the United Nations". To the right of the header is a search bar labeled "Google Custom Search". Below the header is a navigation menu with links for "About FAO", "In Action", "Countries", "Themes", "Media", "Publications", "Statistics", and "Partnerships". There are also language options for "English", "Français", and "Español".

The main content area is titled "FAO SOILS PORTAL" and features a navigation bar with tabs for "Survey", "Assessment", "Biodiversity", "Management", "Degradation/Restoration", "Policies/Governance", and "Publications". The "Survey" tab is currently selected.

On the left side, there is a sidebar menu with the following items: "Soil properties", "Soil classification", "Sampling and laboratory techniques", and "Soil Maps and Databases". The "Soil Maps and Databases" item is highlighted.

The main content area displays the "Harmonized World Soil Database v 1.2" page. It features a world map showing soil distribution. The text on the page describes the database as a collaboration between the FAO and other organizations, including IIASA, ISRIC-World Soil Information, and the Joint Research Centre of the European Commission (JRC). It states that the database is a 30 arc-second raster database with over 15,000 different soil mapping units. It also provides information on how to download the data and where to find publications related to the database.