

Образовательная сессия
«Низко-углеродные технологии для стабилизации
климата»

Лекция: «Анализ геологических возможностей хранения углекислого газа в Донбассе. Часть 2: Динамика углекислого газа в истории Земли и влияние содержания углекислоты в атмосфере на климат в масштабах геологической истории. Обзор геологических особенностей осадочного чехла Донбасса»

Докладчик: Осетров В., геолог ГРГП «Донецктеология»

Донецк, 2011

Быстрое развитие промышленности, энергетики, транспорта, добыча газа приводят к выбросу в атмосферу газов, аэрозолей и пыли, вызывающих парниковый эффект.

Благодаря существованию парникового эффекта только 20% теплового излучения земной поверхности безвозвратно уходит в космос. Если бы Земля не имела атмосферы с парниковыми газами, то средняя температура ее поверхности была бы на 33°C ниже. Сейчас средняя температура планеты 15°C. Главным парниковым газом на Земле является водяной пар. Огромный вклад в парниковый эффект вносят двуокись углерода CO₂ (60% вклада) и метан CH₄ (20% вклада). К парниковым газам относятся также закись азота N₂O (5% вклада), фреон (15% вклада) и озон. Двуокись углерода поступает в атмосферу в результате сжигания углеродсодержащих видов топлива (каменный уголь, нефть, газ) в промышленности, автомобильных двигателях, теплоэлектростанциях.

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

А Т М О С Ф Е Р А

Солнечная радиация проникает сквозь чистую атмосферу
Приходящая радиация равна 343 Ватт на кв. Метр

Часть солнечной радиации отражается атмосферой и земной поверхностью
Отраженная радиация 103 Ватт на кв. Метр

Часть инфракрасной радиации проходит сквозь атмосферу и теряется в космосе
Нетто уходящей радиации 240 Ватт на кв. Метр

ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ

Нетто приходящей солнечной радиации составляет 240 Ватт на кв. Метр

Часть инфракрасного излучения поглощается и отражается назад молекулами парниковых газов.
Прямым эффектом этого становится нагревание поверхности земли и тропосферы

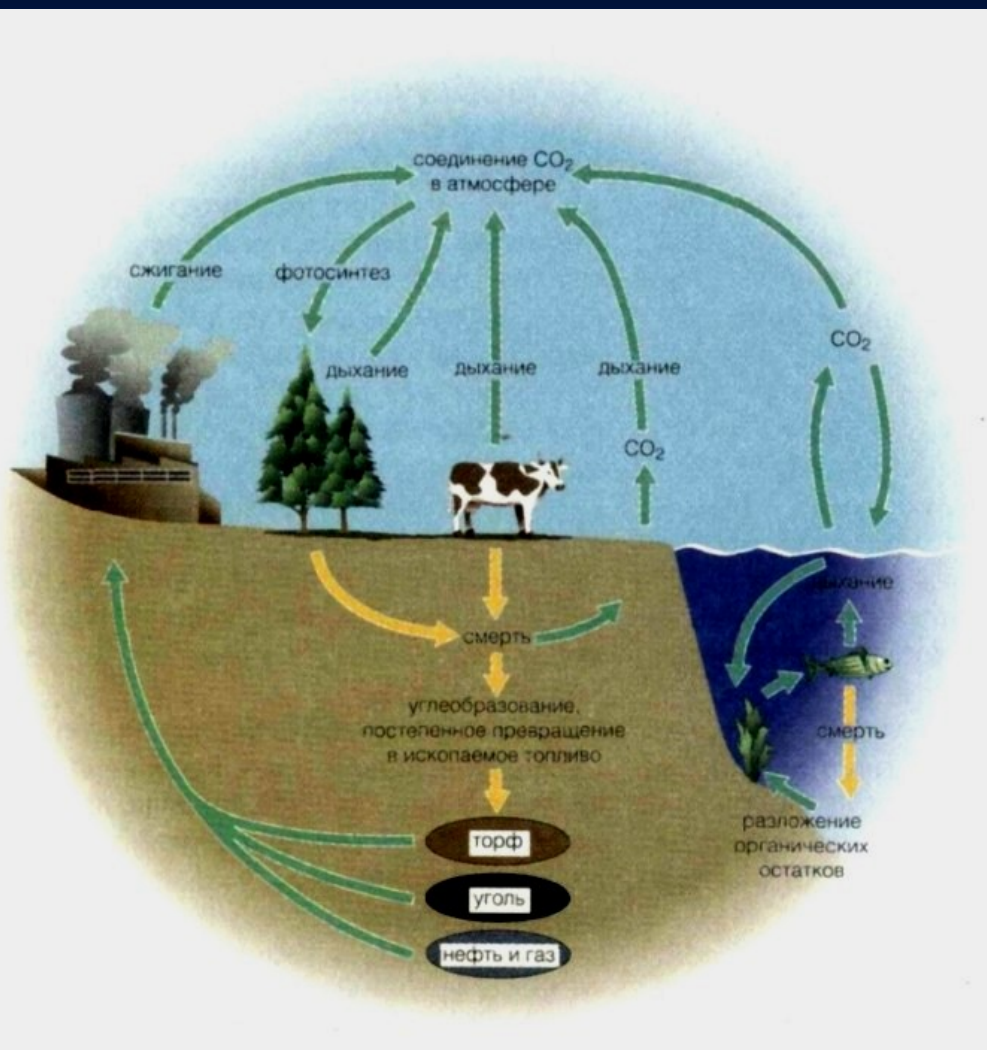
Поверхность получает больше тепла и инфракрасная радиация выбрасывается снова

Солнечная энергия поглощается земной поверхностью и нагревает ее
168 Ватт на кв. метр

... и она конвертируется в тепло вызывая эмиссию длинноволновой (инфракрасной) радиации в атмосферу

З Е М Л Я





В настоящее время в атмосфере содержится $2,6 \cdot 10^3$ млрд. т CO₂ и ежегодно выбрасывается в атмосферу более 20 млрд. т (более 6 млрд. т углерода). 2 млрд. т углерода в составе CO₂ перерабатывается зелеными растениями на суше в процессе фотосинтеза, 2 млрд. т перерабатывается в океане, оставшиеся более 2 млрд. т не перерабатываются и концентрация CO₂ в атмосфере возрастает.

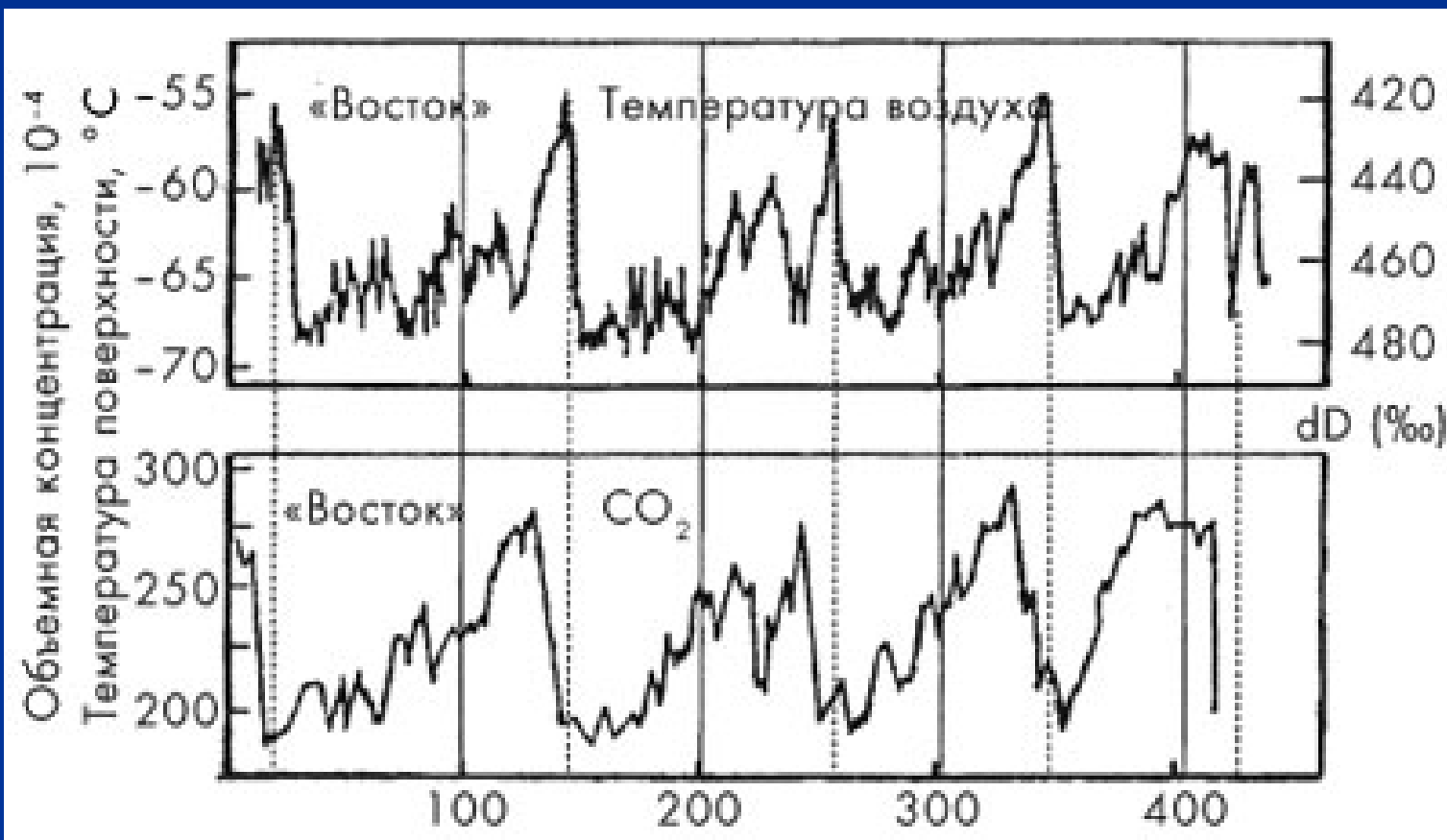
За последние 200 лет концентрация CO_2 в воздухе изменилась с 275 до 350 частиц на 1 млн. частиц воздуха, т.е. на 25%, а с 1958 по 2001 г. концентрация CO_2 возросла с 315 до 368 частиц. **Никогда за геологическую историю Земли содержание углекислого газа не менялось в атмосфере на такую большую величину.** По расчетам Национальной академии наук США, к 2100 г. ожидается удвоение концентрации CO_2 ; по другим моделям к этому моменту количество CO_2 возрастет в 3 раза. Возможно, что удвоение произойдет уже к середине XXI в.



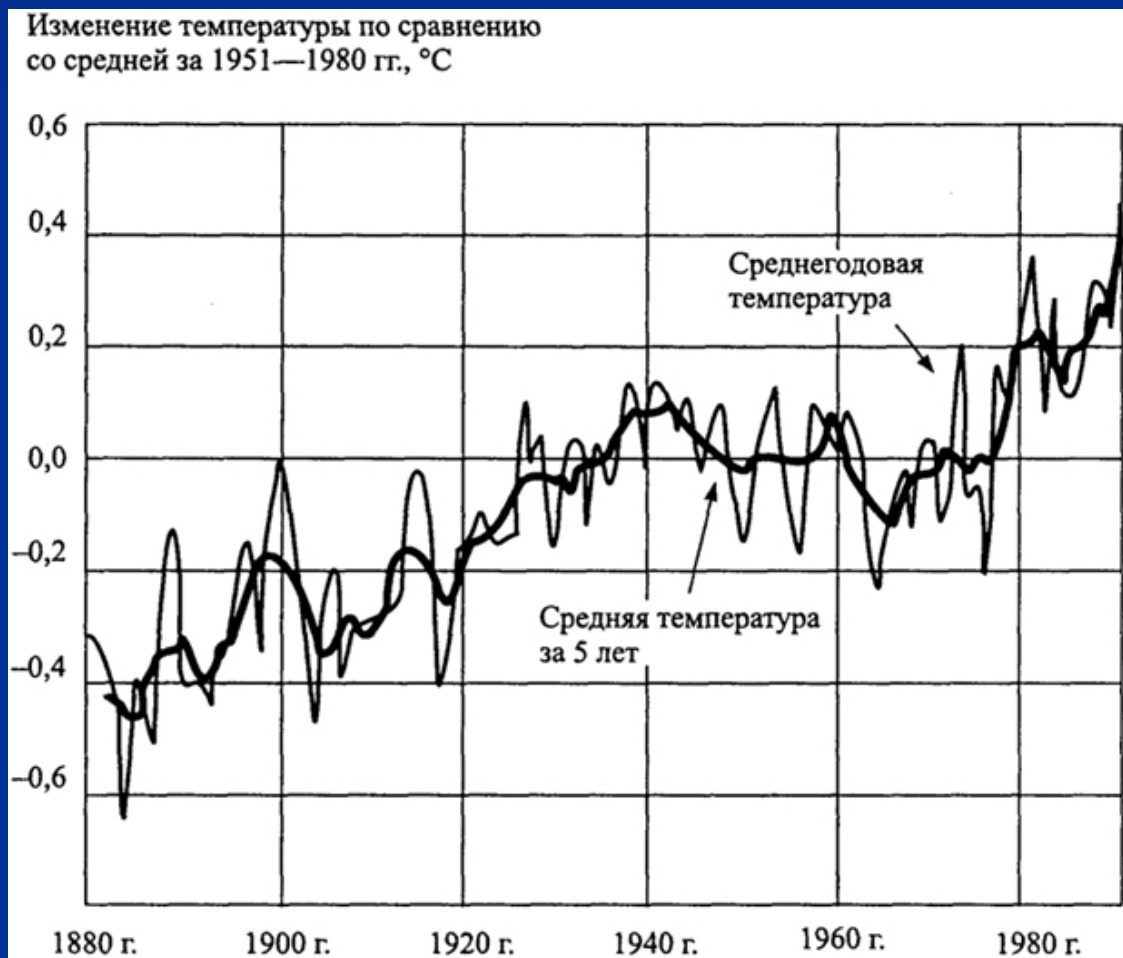
Измерения в толще вечных льдов показывают, что на Земле наблюдались значительные изменения температуры (ледниковые и промежуточные периоды). При этом концентрации диоксида углерода и метана в атмосфере колебались в соответствии с изменением температуры. Концентрации этих парниковых газов в настоящее время значительно превышают те, которые существовали задолго до появления человека. На графике показано изменение концентрации парниковых газов и глобальной температуры за последние 160 тыс. лет.



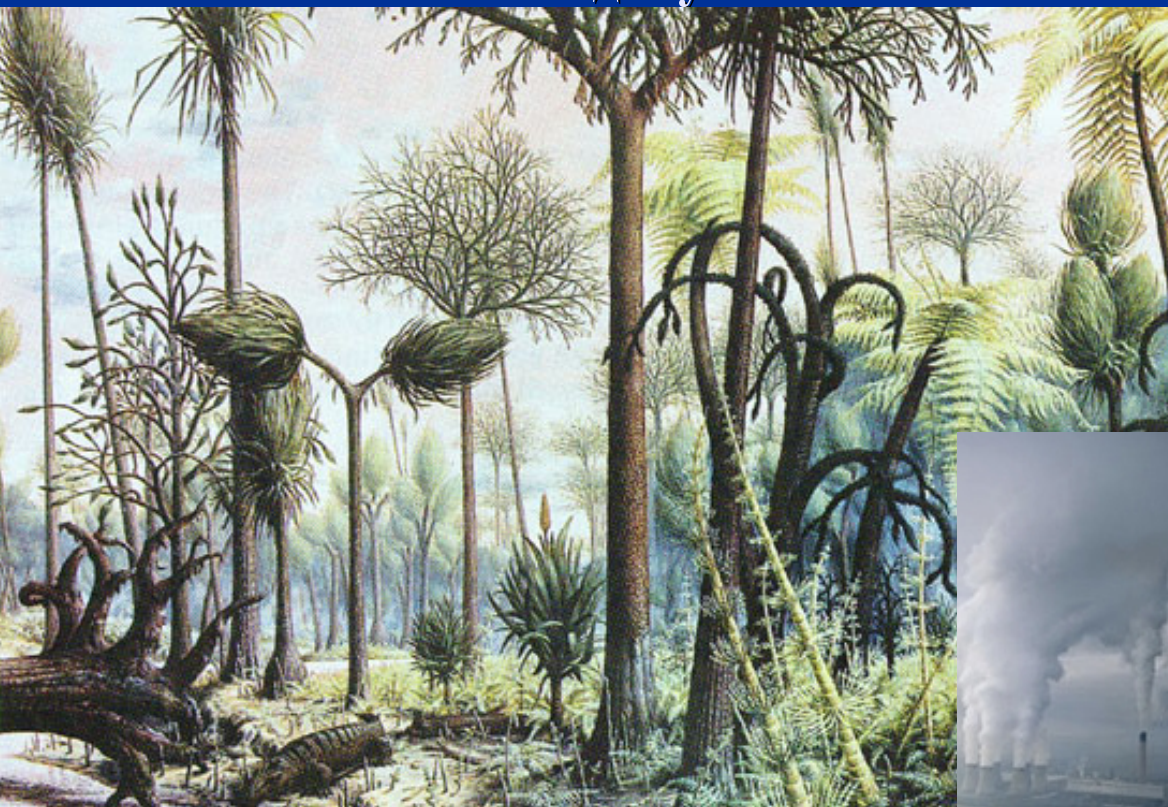
Корреляция изменений концентраций углекислого газа с изменениями температуры воздуха за последние 420 тыс. лет на антарктической станции Восток (на графиках время направлено справа налево). Данные по концентрациям CO_2 и температуре получены по керну скважины во льду, пробуренной до глубины 3623 м.

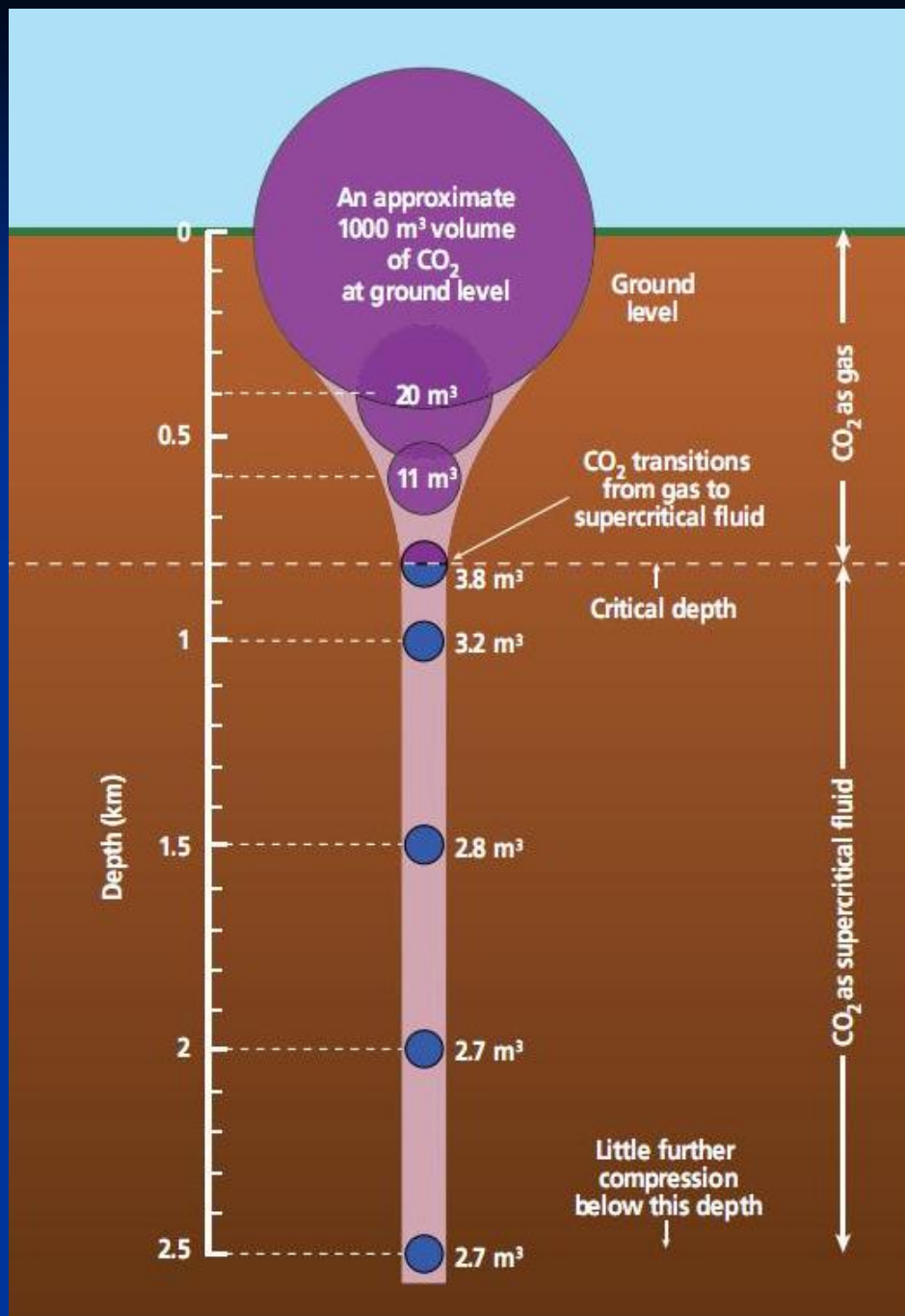


По оценкам Международной конференции ЮНЕП, за последнюю сотню лет температура планеты возросла на $0,6^{\circ}\text{C}$ из-за роста CO_2 , а к 2100 г. должно произойти повышение температуры на $1,5 - 5,8^{\circ}\text{C}$. Для приполярных широт повышение температуры может достигнуть 10°C . Уровень Мирового океана может повыситься на 84-117 см к 2050 г. и на 156 - 345 см к 2100 г. из-за таяния полярных льдов.



300 миллионов лет назад на территории Донбасса росли густые тропические леса, которые спустя миллионы лет образовали пласты угля. На протяжении 50 миллионов лет в течение каменноугольного периода углекислый газ «утилизовался» растениями. Сжигая каменный уголь, человек возвращает в атмосферу углерод, накопленный за **целый геологический период**. Сейчас перед человеком стоит задача – максимально снизить выбросы CO₂, чтобы не допустить климатической катастрофы.





Одним из перспективных решений долгосрочного хранения CO₂ является геологическое хранение в горных породах-коллекторах. Задача геологов – определить местоположение, объём и глубину залегания горных пород, физические параметры которых отвечают параметрам коллекторов. Такими породами могут быть пористые осадочные породы – песчаники, известняки. При поиске коллектора так же важно знать структурное строение территории. Одним из главных ограничений является глубина залегания горных пород – 800 и более м, на которой CO₂ переходит из газообразного в промежуточное фазовое состояние – флюид.

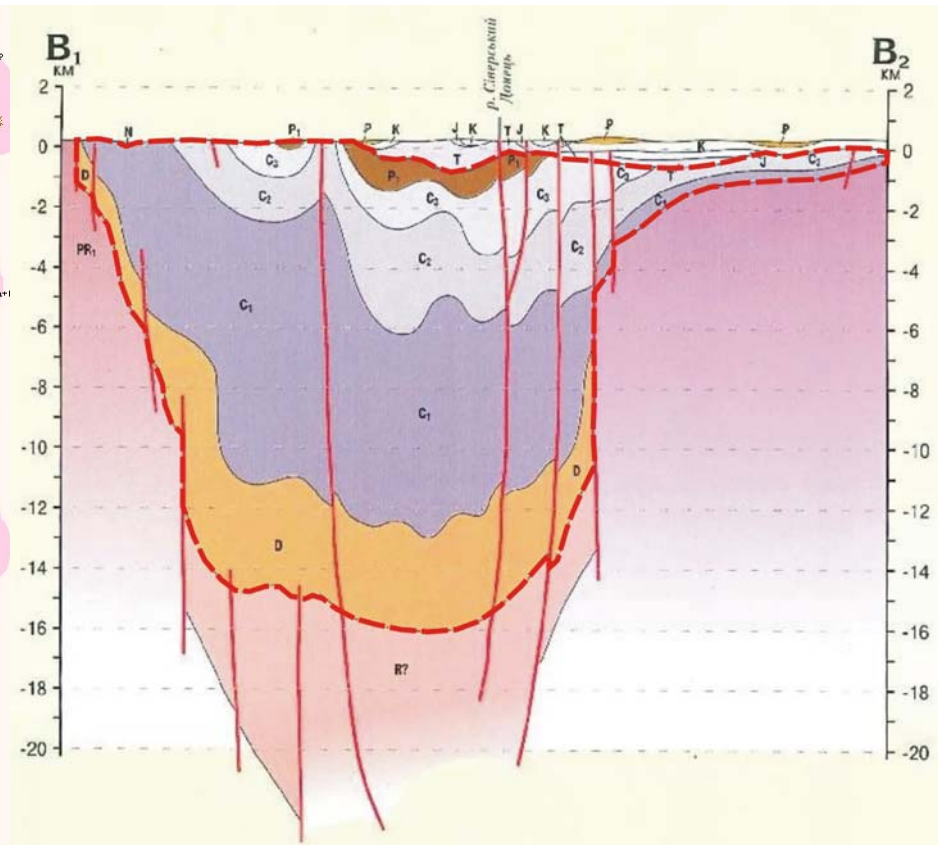
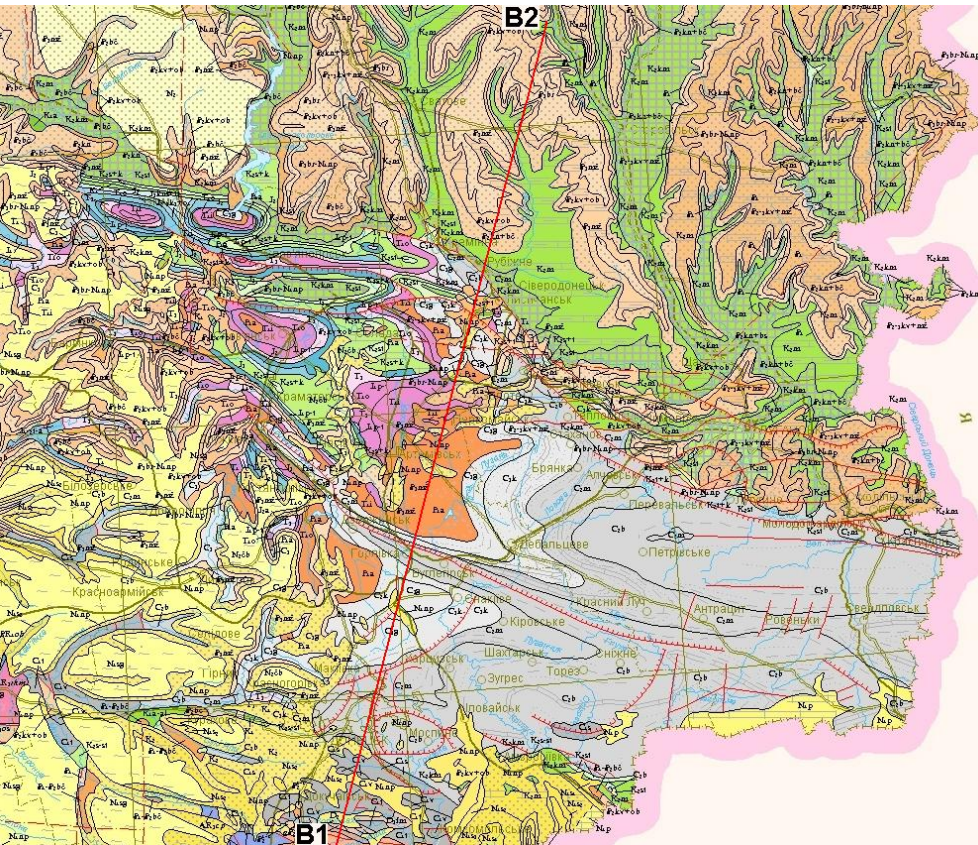
Донбасс и соседняя структура – Днепровско-Донецкая впадина (ДДВ) представляют собой перспективные районы для поиска геологических объектов, подходящих для геологического хранения диоксида углерода. Осадочный чехол Донбасса и ДДВ состоит из 3-х основных структурных этажей: кайнозойского, мезозойского и палеозойского. Глубина залегания кайнозойского этажа обычно не превышает 100 м, поэтому слагающие его осадочные породы не могут использоваться для хранения CO₂.

Глубина залегания мезозойского этажа в некоторых районах достигает более 1 км. Но наиболее перспективным структурным этажом в Донбассе является палеозойский. В его составе известны соленосные формации, залегающие на глубинах до 2 км, а угленосные каменноугольные отложения Донецкого бассейна (максимальные глубины до 15-20 км) могут быть использованы для промышленного извлечения метана с одновременной утилизацией CO₂.

Геологическая схема и разрез Донбасса (Украинская часть). Различными цветами на карте показаны отложения, соответствующие определенным геологическим периодам в истории Земли. Палеозойский структурный этаж на разрезе околонуричен красной пунктирной линией.

Геологическая схема Донбасса

Геологический разрез

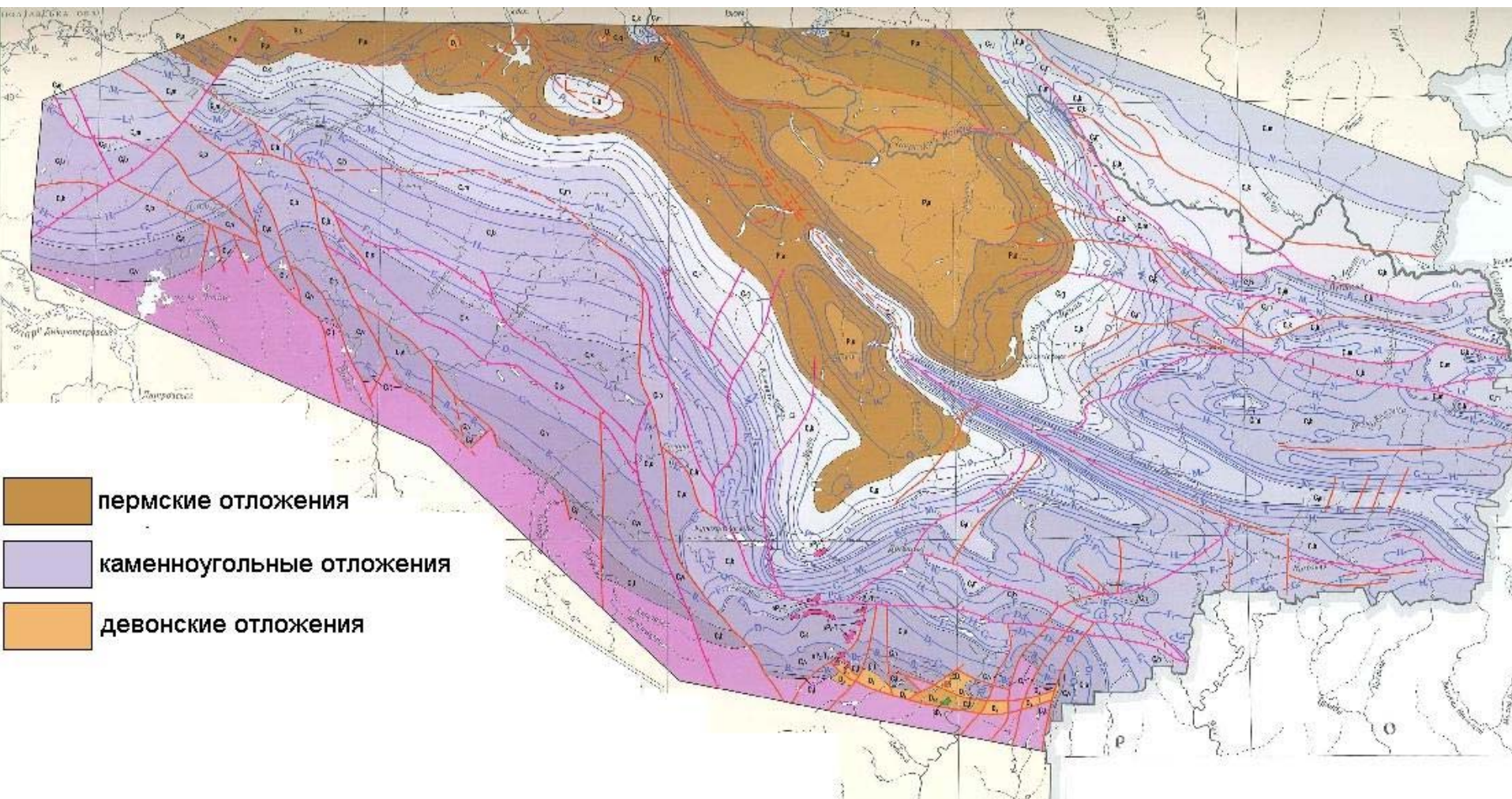


Мощность палеозойских осадочных отложений в Донбассе и ДДВ достигает до 20 км. Красной линией оконтурена площадь с мощностью осадочного чехла более 1 км.



Рассмотрим палеозойский структурный этаж Донбасса более подробно.

На этой схеме показаны палеозойские отложения Донбасса без покрывающего их чехла мезозойских и кайнозойских пород. Наиболее перспективными для хранения CO₂ являются пермские соленосные и каменноугольные (карбоновые) угленосные отложения.



| Загальна стратиграфічна шкала | | | | Місцева стратиграфічна шкала | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ера | Система | Відділ | Ярус | Літологічний склад | Синоніміка маркуючих горизонтів | Потужність стратиграф. маркування, м | Коротка характеристика порід світи, товщі | |
| ПЕРМ'ЯНІ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНА КАМ'ЯНОВА СЕРПУХОВСЬКА СЕРЕДНЬОКАМ'ЯНОВА ВІЗЬКА ТУРНЕЙСЬКА | Пермська Р | Нижній | Асельський | Р _{1,km} | Т ₁ | 90-600 | Краматорська світа. Кам'яна сіль, ангідрити, гіпси, аргіліти, алевроліти, вапняки, доломіти. | |
| | | | | Р _{1,sl} | Т ₁ | 90-600 | Слоп'янська світа. Кам'яна сіль, ангідрити, гіпси, аргіліти, алевроліти, доломіти, вапняки. | |
| | | | | Р _{1,mk} | Т ₁ | 90 | Микитівська світа. Аргіліти, ангідрити, доломіти, вапняки, кам'яна сіль. | |
| | | | | Р _{1,kr} | Т ₁ | 500-1300 | Картаміська світа. Червоно-бурі алевроліти, аргіліти, пісковики, сірокопріні породи з мідним зруденням, прошарки доломітів та вапняків. | |
| | | | | | Т ₁ | | | |
| | | Верхній | Гжелський | Касимівський | С ₁ ² (P) | Р ₂ | 650-850 | Араукаритова світа. Чергування полігенетичних пісковикових товщ і строкати алевроліти, аргіліти та малочислених вапняків і вугільних пластів. |
| | | | | | С ₁ ² (O) | Р ₂ | 300-1140 | Авіловська світа. Циклічне нашарування сірокопріних аргіліти, алевроліти, різнозернисті пісковики і вапняків. |
| | | | | | С ₁ ¹ (N) | Р ₂ | 65-250 | Ісаїська світа. Переверстування аргіліти і алевроліти з різнозернистими пісковиками і тонкими прошарками вапняків. Вугільні прошарки інду досягають робочої потужності. |
| | | | | | | Р ₂ | 150-710 | Горліська світа. Ритмічне переверстування алевроліти, пісковики, вугільні і вапнякових пластів. |
| | | | | | С ₁ ² (L) | Р ₂ | 95-365 | Алмазна світа. Аргіліти, алевроліти пісковики, вапняки, вугілля. |
| | С ₁ ² (K) | | Р ₂ | 110-650 | Каменська світа. Ритмічне переверстування алевроліти, пісковики, вугільних пластів, аргіліти і вапняків. | | | |
| | Башкирський | | Московський | Серпуховський | С ₁ ² (I) | Р ₂ | 60-395 | Білокалітвська світа. Аргіліти, алевроліти, вапняки, прошарки вугілля. |
| | | | | | С ₁ ² (H) | Р ₂ | 60-1400 | Смоляннівська світа. Аргіліти, алевроліти, пісковики, вапняки, вугільні шари і прошарки (до 20 см.). |
| | | | | | С ₁ ² (G) | Р ₂ | 65-455 | Моспінська світа. Ритмічне переверстування алевроліти і пісковиків з шарами і прошарками вапняків і вугілля. |
| | | | | | С ₁ ² (F) | Р ₂ | 95-400 | Мандрикинська світа. Аргіліти, алевроліти, пісковики, вапняки, окремі прошарки вугілля. |
| | | С ₁ ² (E) | | | Р ₂ | 250-760 | Амвросієвська світа. Ритмічне переверстування аргіліти, алевроліти, пісковики, вапняків і нечислених прошарків вугілля. | |
| | Нижній | Візейський | Турнейський | С ₁ ² (D) | Р ₂ | 250-760 | Кальмуська світа. Сірі аргіліти і алевроліти з пачами пісковиків і численими прошарками зближених оолітових вапняків. | |
| | | | | С ₁ ² (C) | Р ₂ | 460-800 | Самарська світа. Дрібноциклічне нашарування аргіліти і алевроліти з пластами пісковиків, часті прошарки вугілля, рідше - вапняків. | |
| | | | | С ₁ ² (B) | Р ₂ | 290-540 | Межіська світа. Циклічне нашарування сланців аргіліти і алевроліти, пісковики. | |
| | | | | С ₁ ¹ (A) | Р ₂ | 70-90 | Донецька світа. Вапняки з жовтими кременями в верхній частині. | |
| | | | | С ₁ ¹ (A) | Р ₂ | 25-40 | Стильська світа. Мерелі чорні кременісті, сланці кременісті. | |
| | | Турнейський | Візейський | Турнейський | С ₁ ¹ (A) | Р ₂ | 65-130 | Скелеватська світа. Вапняки сірі, зерністі з жовтими кременями. |
| | | | | | С ₁ ¹ (A) | Р ₂ | 20-35 | Карпільська світа. Вапняки темно-сірі до чорних, дрібно-зерністі, прихованокристалічні. |
| | | | | | С ₁ ¹ (A) | Р ₂ | 25-30 | Бориславська світа. Вапняки сірі, органігенно детритусові. |
| | | | | | С ₁ ¹ (A) | Р ₂ | 20-40 | Каракувська світа. Доломіти та вапняки злині, доломітизовані. |
| | | | | | С ₁ ¹ (A) | Р ₂ | 25-45 | Базарівська світа. Вапняки доломітизовані, зерністі, прихованокристалічні. |

Разрез карбона Донбасса представлен циклической толщей из чередующихся пластов известняков, аргиллитов, алевролитов, песчаников и каменных углей. Наиболее пористыми породами являются известняки и песчаники. Пласты этих пород могут выступать в качестве горизонтов-коллекторов. Аргиллит представляет собой сильно уплотненную глину, и может выступать в качестве непроницаемой покрышки коллектора. Разрез пермских отложений Донбасса представлен в основном соленосной формацией – чередующимися пластами ангидритов, гипсов, алевролитов, содержащих пласты известняков и каменной соли. В этом случае известняки и алевролиты так же выступают в роли пород-коллекторов, а в качестве надежной покрышки – пласты соли.

Каменноугольный известняк в природном обнажении. Донецкая область.



Каменноугольный песчаник в природном обнажении. Донецкая область.



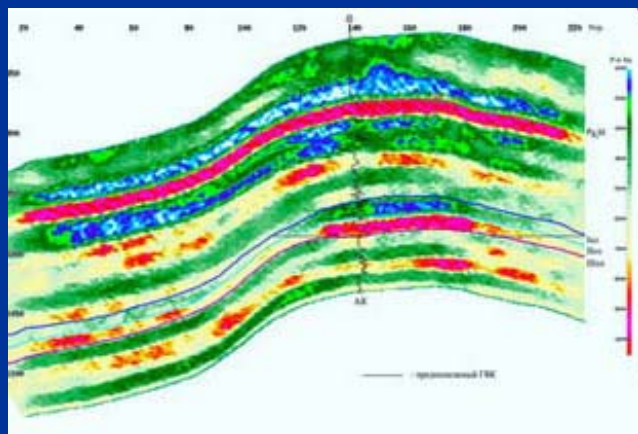
Каменная соль в шахте. Донецкая область.



Для наиболее эффективных решений в вопросах геологического хранения CO₂ на Востоке Украины необходимо провести геологическое изучение выделенных перспективных районов, которое включает:



- геофизические работы;
- бурение скважин;
- камеральные исследования;
- 3D моделирование;
- интерпретация результатов и их представление в графическом и электронном виде.



КОНЕЦ ДОКЛАДА

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!