



Санкт-Петербургский
государственный
университет
www.spbu.ru

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ
КАФЕДРА ОСАДОЧНОЙ ГЕОЛОГИИ

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ АУТИГЕННЫХ КАРБОНАТОВ В КАТАГЕНЕЗЕ И ИХ ВОЗМОЖНАЯ СВЯЗЬ С УГЛЕВОДОРОДАМИ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ГЕОЛОГИЯ»

ВЫПОЛНИЛА:
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:

УРАЗМУРАТОВА ЗАРИНА ФАЙЗУЛЛАЕВНА
КРЫЛОВ АЛЕКСЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ, К.Г.-М.Н, ДОЦЕНТ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2020



Целью работы является изучение кристаллизации аутигенных карбонатов в зоне катагенеза в перспективных нефтегазоносных провинциях, выявление источников углерода и их возможной связи с углеводородами.

Были поставлены следующие задачи:

- Изучить геологическое строение региона по литературным данным
- Составить представление об условиях генерации углеводородов и кристаллизации карбонатов в диагенезе и катагенезе на основе литературных данных
- Изучить изотопно-геохимические особенности образцов из региона
- Выявить условия их формирования и составить заключение о механизмах их кристаллизации



ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА

- Двухэтажное платформенное строение плиты
- Баженовский горизонт и подстилающие его свиты абалакская и георгиевская формируют единый комплекс морских пород с повышенным содержанием органического вещества, сформировавшийся в юрское – меловое время в максимум трансгрессии на Западно-Сибирской плите.





ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ КАТАГЕНЕЗА И ДИАГЕНЕЗА

Диагенез начинается сразу после накопления осадка и заканчивается на стадии образования горных пород. Движущей силой диагенетических процессов, в первую очередь, является активность микроорганизмов.

Катагенез – стадия бытия и глубинного преобразования осадочного вещества под действием высокой температуры и высокого давления.

В данной работе при рассмотрении кристаллизации карбонатов стадия катагенеза выделена условно в области с температурами выше 50°C, поскольку, начиная с этой температуры CO₂ генерируется за счет температурной деструкции карбоксильных групп у керогена, а микробы перестают быть активными.

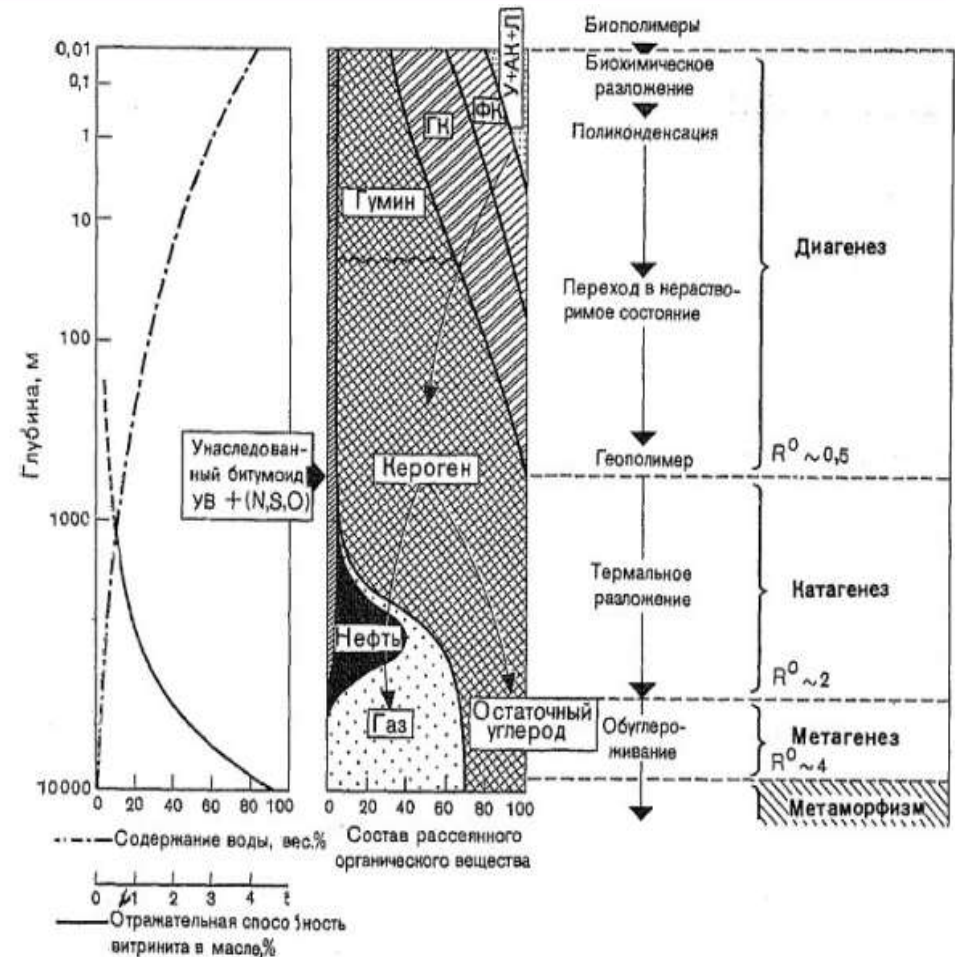


Схема эволюции органического вещества с момента его отложения до начала метаморфизма по Б. Тиссо и Д. Вельте, 1981 г.

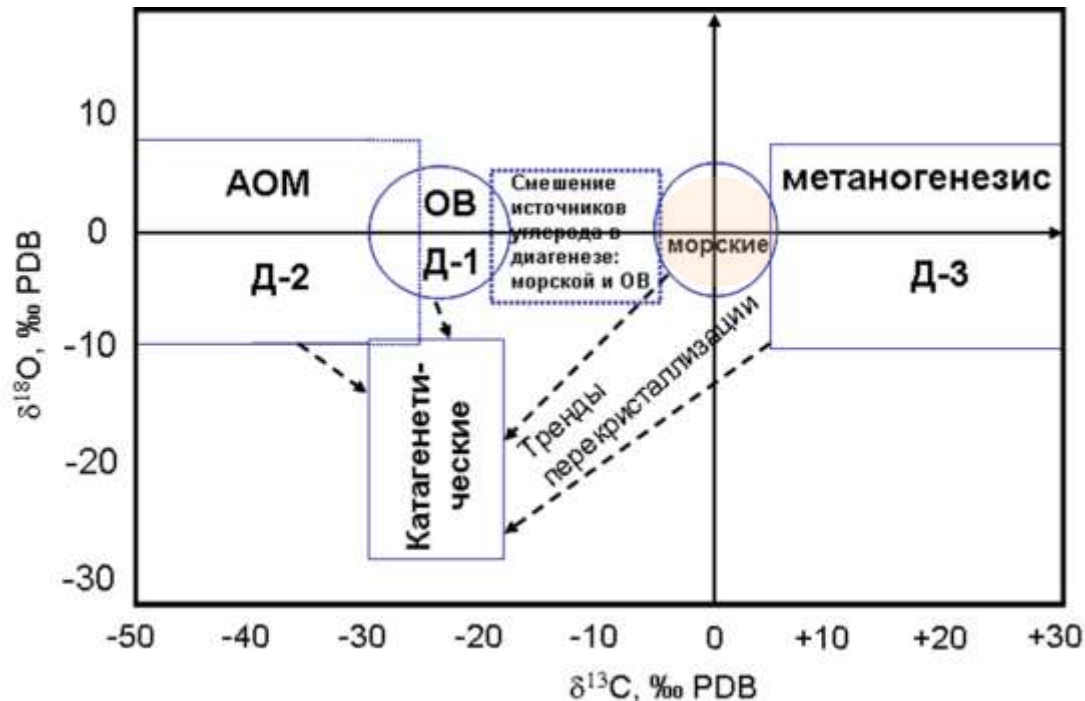


- 1) органогенные-биохемотрогенные;
- 2) диагенетические за счет микробиальной деструкции органического вещества («диагенетические-1»);
- 3) диагенетические за счет аэробного/анаэробного окисления биохимического/катагенетического метана («диагенетические-2»);
- 4) диагенетические за счет микробиальной генерации метана («диагенетические-3»);
- 5) «гидротермальные» (окисление абиогенного метана);
- 6) «катагенетические» (деструкция керогена).



ОРГАНОГЕННЫЕ-БИОХЕМОГЕННЫЕ («МОРСКИЕ»)

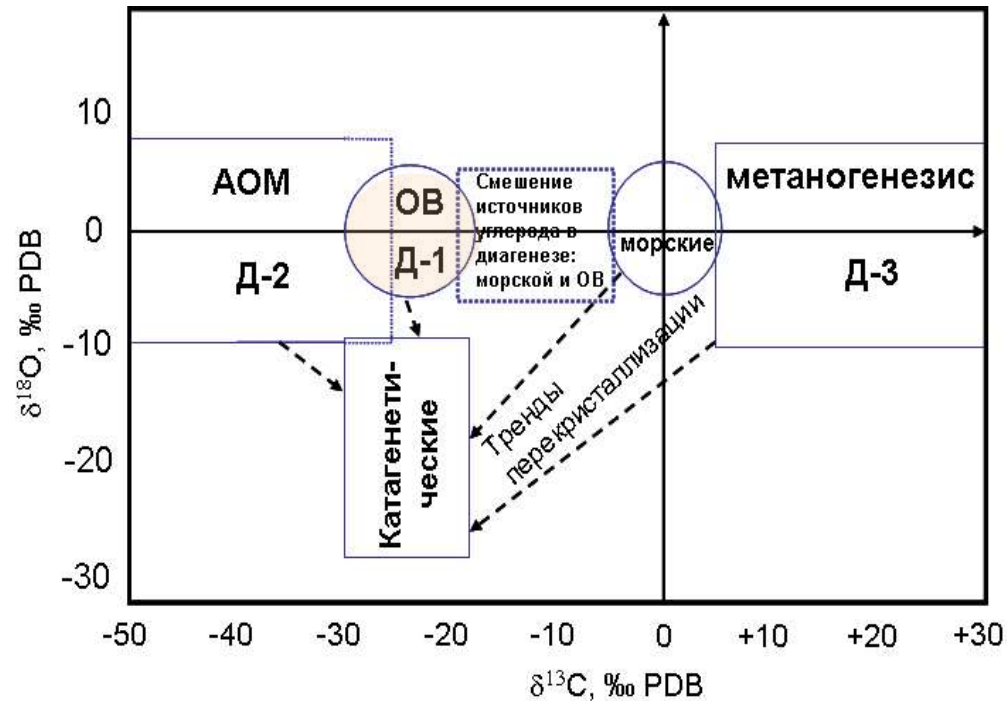
Источником углерода и кислорода в карбонатах является морская, океаническая или озерная вода, что, в первом приближении, приводит к близости их изотопных ($\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$) составов ($0 \pm 3 \text{‰}$)





«ДИАГЕНЕТИЧЕСКИЕ-1»

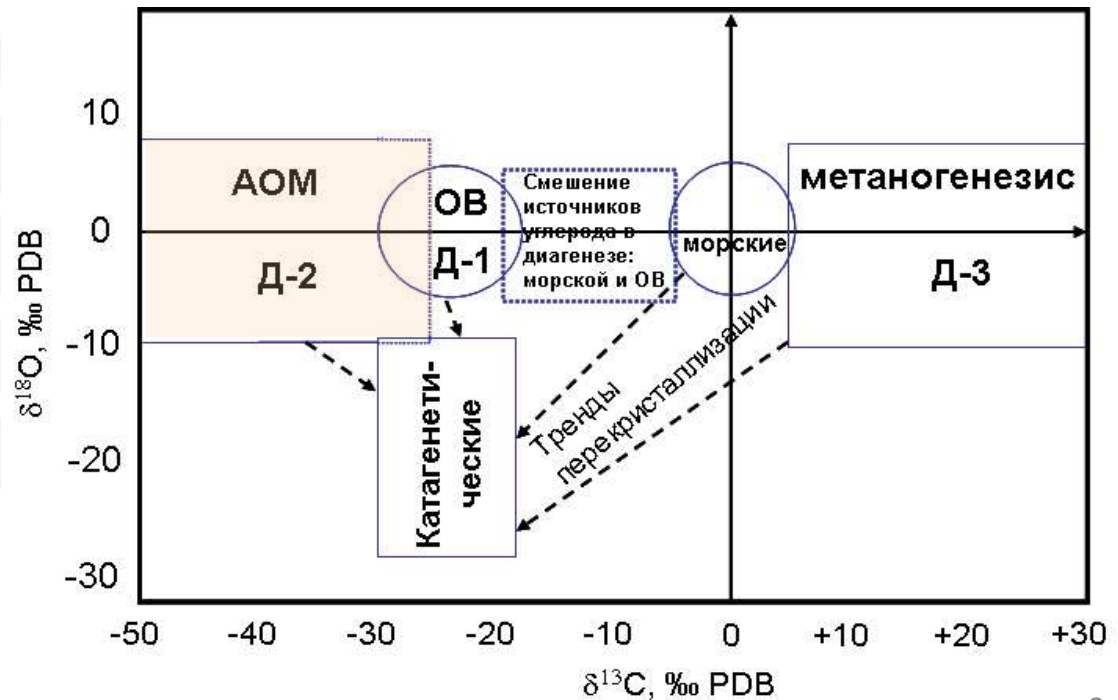
- $\delta^{13}\text{C}$ в карбонатах «диагенетических-1» будут стремиться к -25‰ VPDB
- Значения $\delta^{18}\text{O}$ варьируют около $\sim 0\text{‰ VPDB}$ (\sim от -4 до $+5\text{‰}$, в зависимости от $T^\circ\text{C}$ и $S, \text{‰}$ воды). Однако, фиксируется незначительное облегчение значений $\delta^{18}\text{O}$ с глубиной ниже поверхности дна.





«ДИАГЕНЕТИЧЕСКИЕ-2»

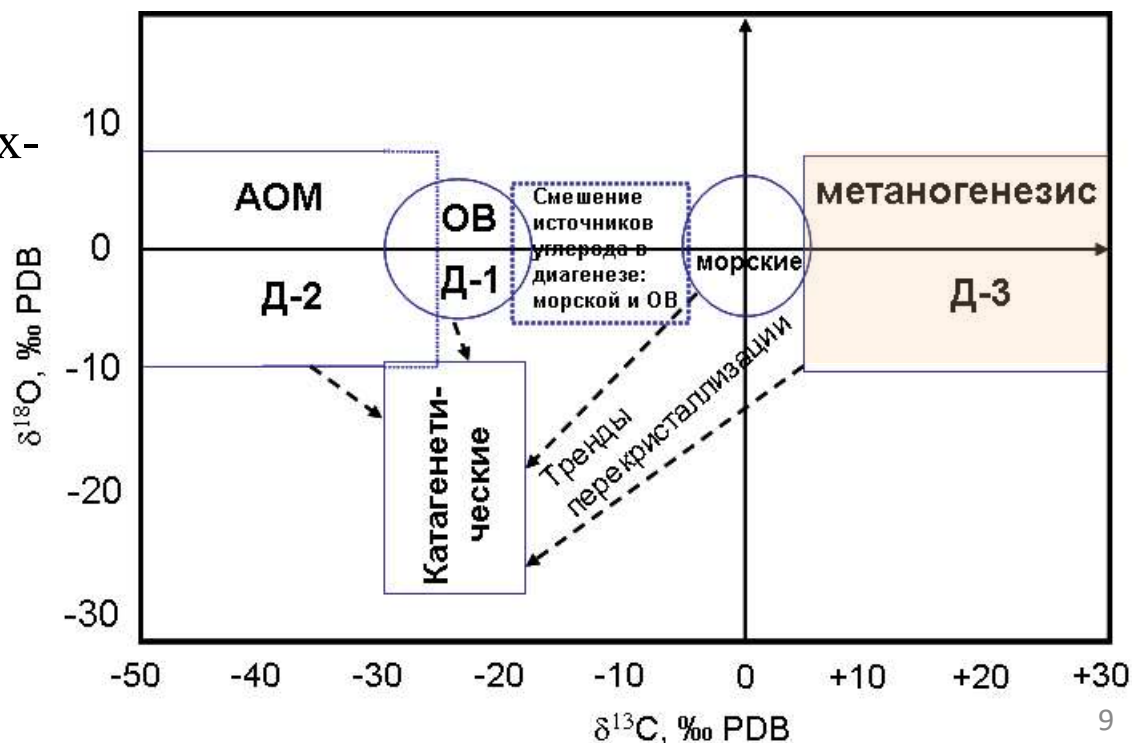
- $\delta^{13}\text{C}$ легче -25‰
- Значения $\delta^{18}\text{O}$, как правило, будут близки к таковым в «морских» и «диагенетических-1» карбонатах ($-10 - 0 \text{‰}$)





«ДИАГЕНЕТИЧЕСКИЕ-3»

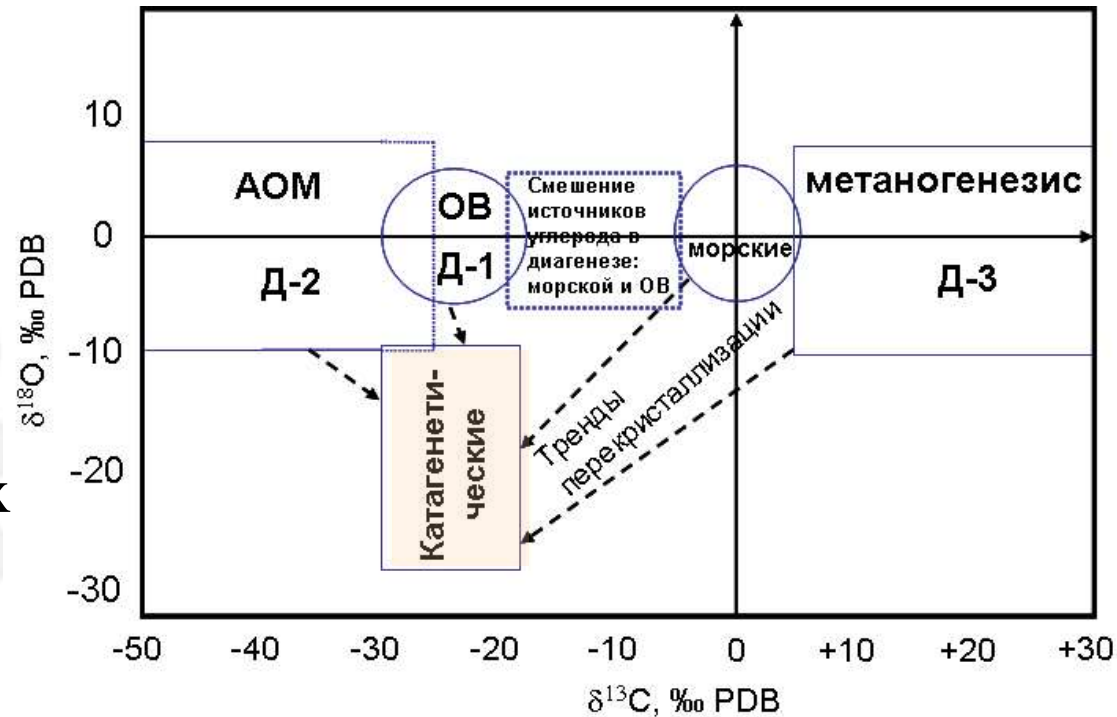
- Величины $\delta^{13}\text{C}$ превышают +5‰ и могут достигать до +21.9 ‰
- Значения $\delta^{18}\text{O}$, в основном, схожи с таковыми у «диагенетических-2» карбонатов (-10 – 0 ‰). Тем не менее, у «диагенетических-3» карбонатов должна наблюдаться тенденция к некоторому облегчению величин $\delta^{18}\text{O}$, связанному с большей глубиной их кристаллизации.





«КАТАГЕНЕТИЧЕСКИЕ»

Выделяются наличием относительно легкого изотопного состава углерода ($\delta^{13}\text{C} \sim$ от -15 до -25‰ VPDB) и легкого состава кислорода, поскольку формирование карбонатов при повышенных температурах приводит к концентрированию изотопов ^{16}O (от -10 до -30‰)





РАСЧЕТ ПАЛЕОТЕМПЕРАТУР

- **Кальцит:**

1) $10^3 \ln \alpha(\text{кальцит-H}_2\text{O}) = 18.03 \cdot (10^3 \cdot T^{-1}) - 32.42$, для $t = 10-40^\circ\text{C}$ (Kim, O'Neil, 1997),

$$T = 18,03 \times 10^3 / (32,42 + 10^3 \ln \alpha_{\text{cal-w}});$$

2) $10^3 \ln \alpha(\text{кальцит-H}_2\text{O}) = 2.78 \cdot (10^6 \cdot T^{-2}) - 2.89$, для $t = 0 - 500^\circ\text{C}$ (O'Neil et al., 1969),

$$T^2 = 2,78 \times 10^6 / (2,89 + 10^3 \ln \alpha_{\text{cal-w}}).$$

- **Доломит:**

3) $10^3 \ln \alpha(\text{доломит-H}_2\text{O}) = 2.73 \cdot (10^6 \cdot T^{-2}) + 0.26$ (Vasconcelos et al., 2005)

$$T^2 = (-2,73 \times 10^6) / (0,26 - 10^3 \ln \alpha_{\text{dol-w}});$$

4) $10^3 \ln \alpha(\text{доломит-H}_2\text{O}) = 3.14 \cdot (10^6 \cdot T^{-2}) - 3.14$, для $t = 80-350^\circ\text{C}$ (Horita, 2014),

$$T^2 = (3,14 \times 10^6) / (3,14 + 10^3 \ln \alpha_{\text{dol-w}}).$$

- **Анкерит:**

5) $10^3 \ln \alpha(\text{анкерит-H}_2\text{O}) = 4.073 \cdot 10^6 / T^2 - 4.562 \cdot 10^3 / T + 1.69$ (Zheng, Bottcher, 2016);

6) $10^3 \ln \alpha(\text{анкерит-H}_2\text{O}) = 2.78 \cdot (10^6 \cdot T^{-2}) + 0.11$ (Fisher, Land, 1986),

$$T^2 = (2,78 \times 10^6) / (10^3 \ln \alpha_{\text{ank-w}} - 0,11).$$

- **Сидерит:**

7) $10^3 \ln \alpha(\text{сидерит-H}_2\text{O}) = 3.13 \cdot (10^6 \cdot T^{-2}) - 3.50$, для $t = 33-197^\circ\text{C}$ (Carothers et al., 1988),

$$T^2 = 3,13 \times 10^6 / (3,50 + \ln \alpha_{\text{sid-w}});$$

8) $10^3 \ln \alpha(\text{сидерит-H}_2\text{O}) = 2.56 \cdot (10^6 \cdot T^{-2}) + 1.69$, для $t = 45-75^\circ\text{C}$ (Zhang et al., 2001),

$$T^2 = 2,56 \times 10^6 / (10^3 \ln \alpha_{\text{sid-w}} - 1,69);$$

9) $10^3 \ln \alpha(\text{сидерит-H}_2\text{O}) = 2.89 \cdot (10^6 \cdot T^{-2}) - 2.81$ (Becker, Clayton, 1976),

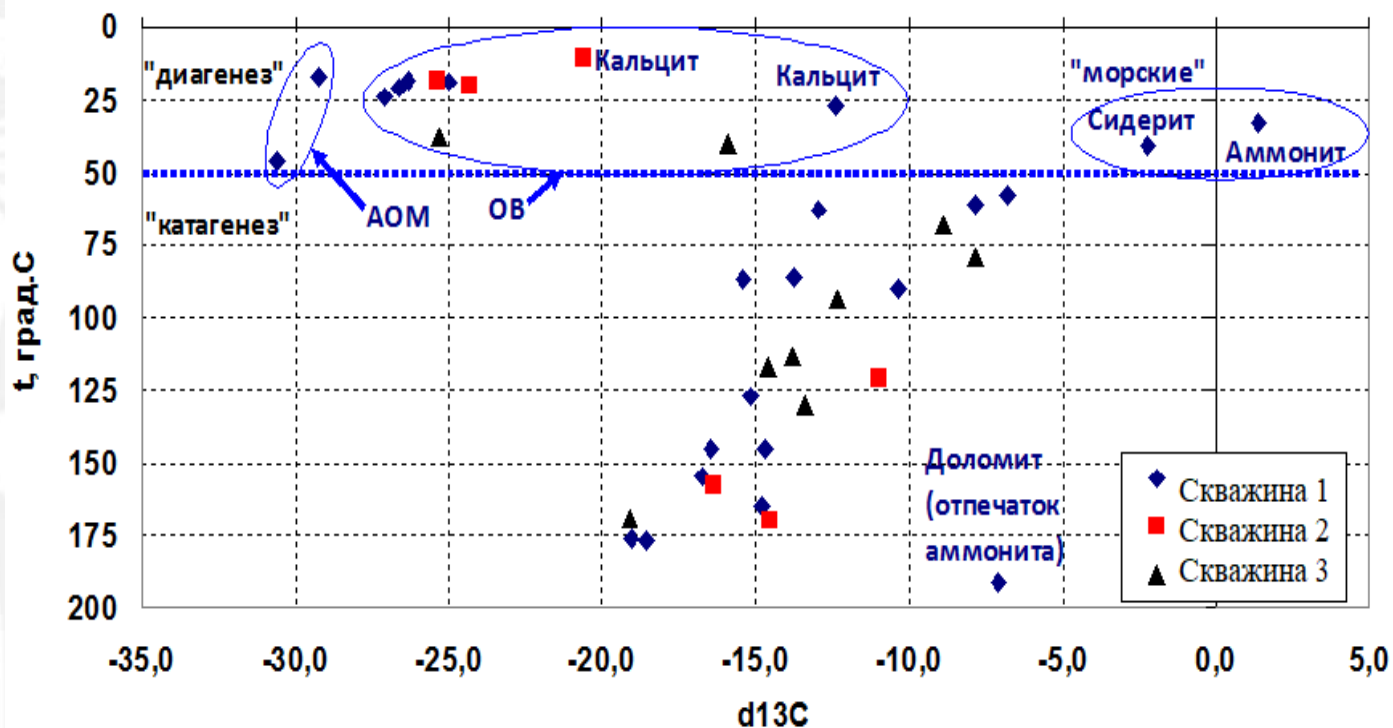
$$T^2 = 2,89 \times 10^6 / (10^3 \ln \alpha_{\text{sid-w}} + 2,81),$$

во всех уравнениях T обозначает температуру в Кельвинах, α – коэффициент изотопного фракционирования кислорода.



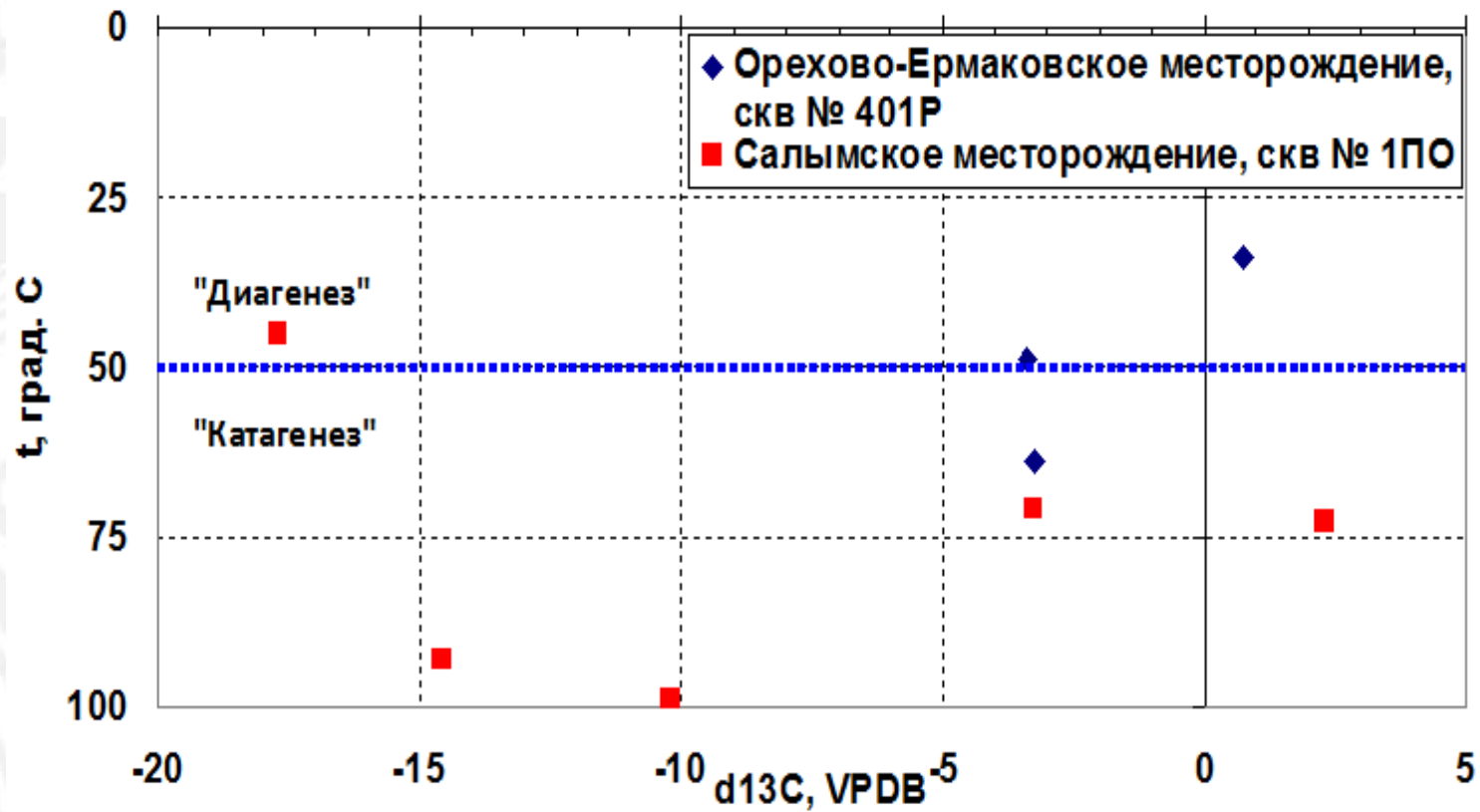
КАРБОНАТЫ ПАЛЪЯНОВСКОЙ ПЛОЩАДИ

Результаты интерпретации геохимических анализов



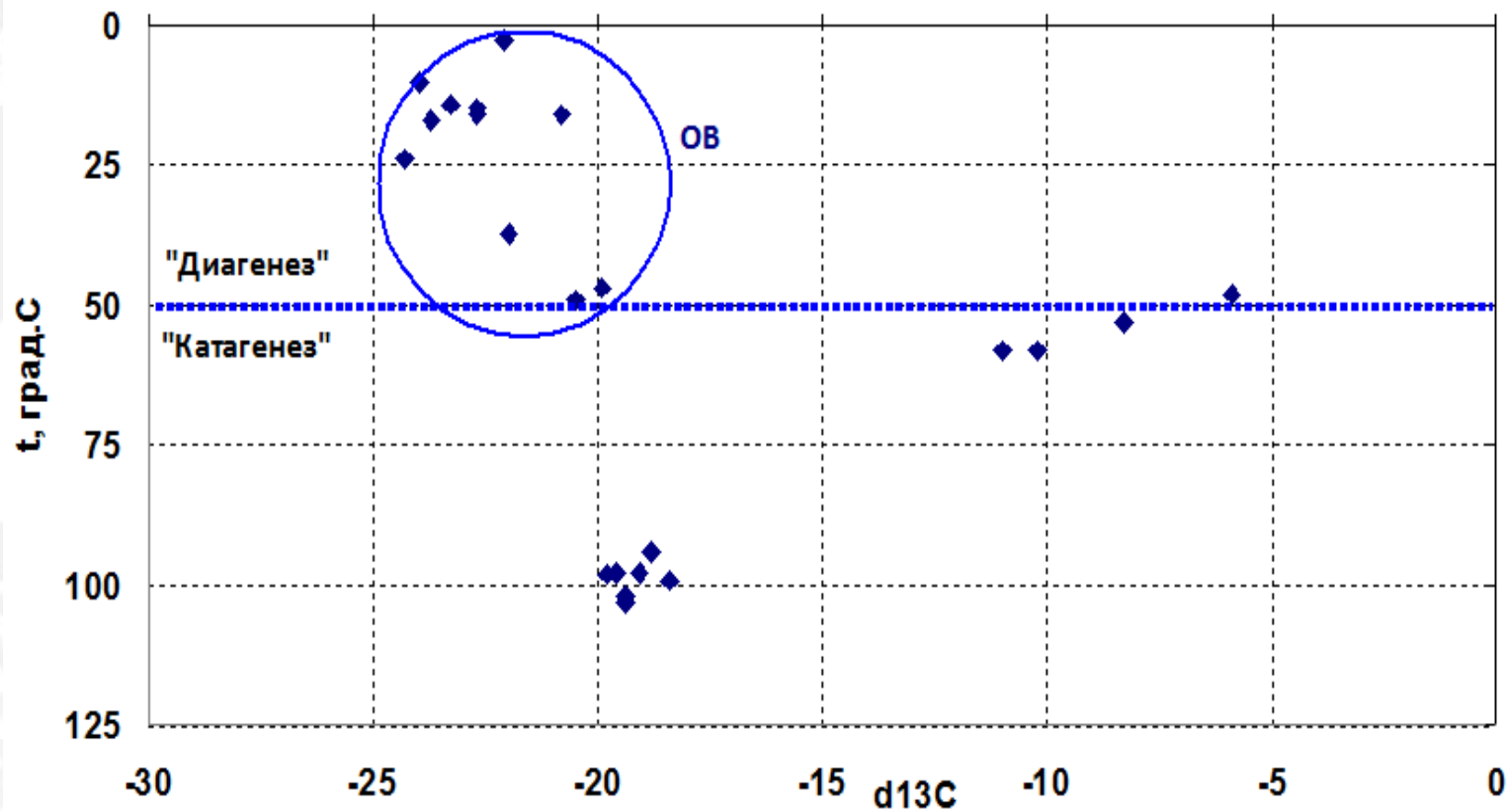


КАРБОНАТЫ ОРЕХОВО-ЕРМАКОВСКОГО И САЛЫМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



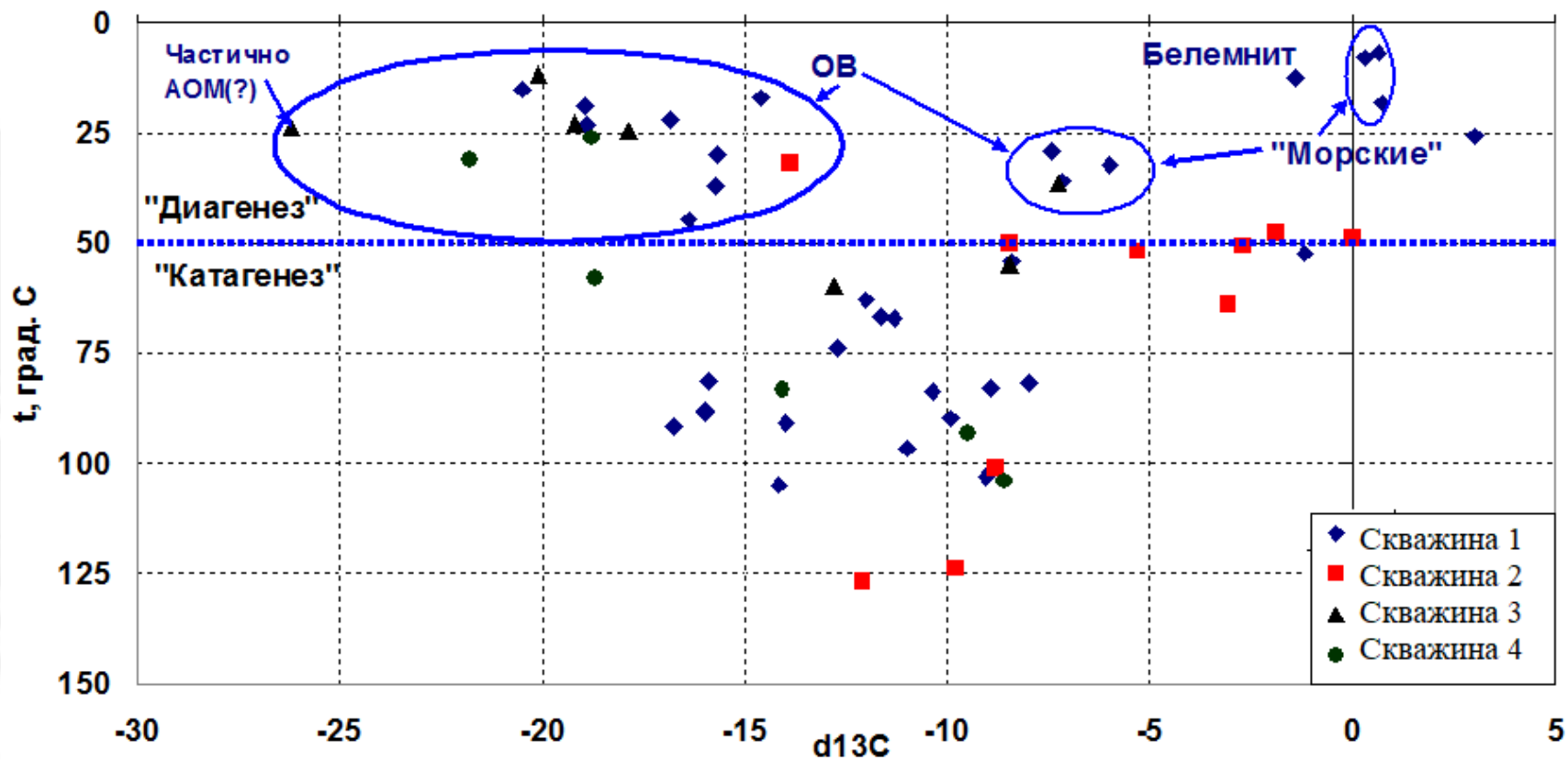


КАРБОНАТЫ КРАСНОЛЕНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.





КАРБОНАТЫ ПРИОБСКОЙ ПЛОЩАДИ





ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- На всех изученных площадях присутствуют карбонаты трех основных типов: «морские», «диагенетические-1» и «катагенетические».
- Изотопный состав основной части образцов является результатом смешения этих типов
- Наиболее ярко выражен тренд смешения в ряду «кероген-море»: обогащение легким изотопом ^{12}C с облегчением значений $\delta^{18}\text{O}$.
- Области «диагенетических-1» карбонатов обычно расположены особняком на диаграммах « $\delta^{13}\text{C}$ vs $\delta^{18}\text{O}$ » и « $\delta^{13}\text{C}$ vs $t^\circ\text{C}$ ». Тем не менее, между ними и «морскими» карбонатами всегда присутствуют промежуточные по изотопному составу разности, сформированные при смешении углерода в ряду «ОВ-морские».



Спасибо за внимание!

Санкт-Петербургский
государственный университет
spbu.ru