



УРОК 6

ПОДОРОЖ ДО ХОЛОДНИХ ПРОСОЧЕНЬ Як вчені вивчають метан в Арктичному океані: План уроку з парним викладанням

Фокусуємося на:

холодних просоченнях: де вони знаходяться, що там відбувається та як вчені їх вивчають.

Цілі навчання:

Після уроку учні будуть мати змогу:

1. Встановлювати зв'язки між різними наборами картографічних даних, спостерігаючи та описуючи наукові карти.
2. Розрізняти діоксид вуглецю (вуглекислий газ) та метановий газ.
3. Прояснити неправильні уявлення про парникові гази.
4. Пояснити, що таке холодні просочення та чому більшість газу / метанових гідратів виникає на континентальних шельфах.
5. Описати деякі з методів, якими користуються вчені для локалізації та вивчення метанових / газових гідратів.

Попередні вимоги:

Перед цим уроком учні повинні ознайомитись з тим, як користуватися картами, що таке молекулярна структура та як вона зв'язана, що таке парниковий ефект і парникові гази.

Ключові слова:

Арктичний океан, метан, діоксид вуглецю, газовий гідрат, холодне просочення, парниковий газ.

Цей план уроку був розроблений у тісній співпраці з Солмазом Мохаджером, Вайбке Ауне, Джуліаною Пан'єрі та Давиде Оддоне.

Редагував: Джуліана Пан'єрі та Мат'ю Стеллер-Реве
Макет і графіка: Хейке Джейн Циммерман

Мохаджер С, Ауне В, Пан'єрі Дж, Оддоне Д. Подорож до холодних просочень. У: Пан'єрі Дж, Стіллер-Рів М, редактори. Сприйняття океану: Плани уроків. Пефтієва О, перекладач. Septentrio Educational, 2023(3). с. 51-67. <https://doi.org/10.7557/8.7249>

© Avtory
[CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

КОРОТКО (ДЛЯ ВЧИТЕЛЯ):

Цей відеоурок містить 4 відео фрагменти та 3 заняття у класі. Під час класних занять учні будуть

1. обговорювати відмінності та схожості двох парникових газів (метану та діоксиду вуглецю).
2. використовувати наукові карти, щоб спостерігати та описувати те, що вони бачать.
3. пояснювати свою наукову карту іншим та встановлювати зв'язки між різними картами, щоб відповісти на питання про те, де розташовуються більшість газових гідратів і чому.

Вчитель може включати відео фрагменти, фотографії та інший додатковий матеріал, щоб заохотити та підготувати учнів до занять, а також познайомити їх з деякими інструментами, якими користуються вчені для вивчення холодних просочень в океані.

Матеріали:

3 карти для діяльностей № 2 та № 3. Видрукуйте карти кольоровим способом, переважно розміром 60x90 см. Карти повинні бути надруковані у тому ж масштабі з ясно показаними легендами. Однорідність масштабу карти полегшує порівняння даних з карти на карту. PDF-файли цих карт додаються до уроку. Ви також можете знайти їх тут:

Карта 1: https://plateboundary.rice.edu/DPB_map_gifs/topo.grad.50percent.gif

Карта 2: <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2004.06.014>

Карта 3: <https://www.usgs.gov/media/images/map-gas-hydrates>

Необов'язково: набір молекулярного моделювання для діяльності № 1 (як альтернативу можна використовувати глину для моделювання та соломинки для конструкції моделей метану та діоксиду вуглецю).

Додаткові фотографії, відеознімання морського дна та зразки, отримані за допомогою апарату з дистанційним керуванням (ROV), всі ці файли додаються до уроку і доступні за посиланням: <https://akma-project.com> або на <https://en.uit.no/project/akma>

Візуально-звуковий матеріал:

Це відеоурок. Вам потрібне аудіовізуальне обладнання (та Інтернет-підключення, якщо ви плануєте транслювати відео). Приблизно 20 хвилин уроку надається на відео та пояснення вчителя. Нижче ми додали інформацію для вчителя стосовно класних занять. Ми рекомендуємо вчителям переглянути цей гід перед відеоуроком. Відео-гід для вчителя триває близько 7 хвилин. Крім того, є додатковий відеоматеріал, який включає відео морського дна та зразки, отримані за допомогою апарату з дистанційним керуванням (ROV) - доступні за адресою: <https://akma-project.com> або на <https://en.uit.no/project/akma>

Час навчання:

Відеоурок триває приблизно 60 хвилин, із них 20 хвилин учні слухають пояснення вченого і вчителя, плюс 40 хвилин класних занять, якими керує учитель.

ВІДЕО, що супроводжує цей план уроку: <https://youtu.be/k0awmdQQITA>

ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ:

Цей розділ призначений для тих, хто зацікавлений в використанні відеоуроку у своїх класах.

1.Що таке холодні просочення і чому вони важливі?

Холодні просочення або холодні витоки – це ділянки дна океану, звідки метан (CH_4) та інші гази виходять та виділяються в воду. Ви могли чути про гідротермальні джерела (або гарячі джерела), де морська вода циркулює через гарячі вулканічні породи. Холодні просочення відрізняються від гідротермальних джерел тим, що вони виникають за холодних температур. Там де ми маємо холодні просочення, ми маємо карбонатні породи. Вони утворюються через реакції метану та морської води. Також на холодних просоченнях є багато мікробної активності. Ці мікроби окислюють (або їдять) метан анаеробно (в умовах відсутності кисню). Холодні просочення легко розпізнати за бактеріальними килимами білого кольору, які позначають їх місцезнаходження на дні моря.

Холодні просочення є невід’ємною частиною екосистем глибинного океану. Як зазначено вище, вони живлять спільноти, які потребують бактерії, які перетворюють хімічні сполуки (наприклад, метан) на їжу. Деякі з цих бактерій утворюють білі килими, які можна знайти на дні моря (див. зображення нижче), а деякі живуть у симбіозі з істотами, такими як трубчасті черв’яки або мідії. Істоти забезпечують житло для бактерій, а на заміну бактерії виробляють їжу для істот. Це робить холодні просочення оазами у глибинах океану! Холодні просочення також можуть бути важливими факторами кліматичних змін, оскільки вони виділяють метан в океан. Крім того, оскільки холодні просочення загалом свідчать про значні кількості вуглеводнів під дном моря, їх можна вважати новими джерелами вуглеводнів для задоволення наших зростаючих потреб у енергії.



*Приклад бактеріальних килимів, знайдених на дні в Арктичному океані.
Зображення: АКМА*

2. Як вчені вивчають холодні просочення?

Вчені використовують підводну технологію, таку як дистанційно керовані апарати (ROV) та автономні підводні апарати (AUV), щоб вивчати холодні просочення. Ці машини мають кілька камер і потужних ліхтарів для фотографування глибоко в океані. Вони також обладнані пристроями, які можуть брати зразки відкладень, гірських порід, біологічних спільнот, газу та води, а також допомагають в батиметричному картографуванні дна океану.

Інші інструменти, які використовуються для вивчення морського дна, – це мульти-корер, гравітаційний корер, зонд теплового потоку та сейсмічні прилади, які дають зображення підземного руху рідин і газу. Щоб дізнатися більше про деякі з цих методів, пропонуємо переглянути наукові відео на веб-сайті проекту АКМА: <https://akma-project.com> або з літа 2023 року на <https://en.uit.no/project/akma>



ÆGIR 6000 - це дистанційно керований апарат (ROV), призначений для вивчення морського дна вченими. Він працює на глибинах до 6000 метрів. ÆGIR знаходиться в Норвезькій морській робототехнічній лабораторії університету Бергена (UiB). Фото: Solmaz Mohadjer.

3. Що таке метан і як він утворюється?

Як зазначалося вище, метан та інші гази виділяються в воду на холодних просоченнях. Але що таке метан і як він утворюється? Метан (CH_4) - це вуглеводень (складається з одного атома вуглецю з чотирьох атомів водню) і головний компонент природного газу.

Метан зустрічається в природі як під землею, так і під морським дном завдяки біологічним та геологічним процесам. Під морським дном метан утворюється мікроорганізмами, які живуть у шарах осаду. Ці організми повільно перетворюють органічні матеріали на метан. Органічними матеріалами є залишки інших організмів, які колись жили в океані, опустилися на дно океану, коли померли, і нарешті стали частиною морських осадів.

Метан, що виділяється з природних джерел, становить лише невелику долю загальних викидів метану в атмосферу. Більш ніж половина метану в атмосфері походить з людської діяльності, такої як видобуток нафти та газу, сільськогосподарська діяльність та її відходи. Насправді рівень метану в атмосфері переважно зумовлений викидами від згорання викопного палива, сільськогосподарської діяльності та тваринництва.

Ви можливо чули про корів та інших істот, як продукують метан. У них є мікроби у шлунку, які допомагають тваринам перетравлювати їжу. Ці мікроби продукують метан при розкладанні їжі. Метан може потрапити до атмосфери, коли істоти відригують або випускають гази.

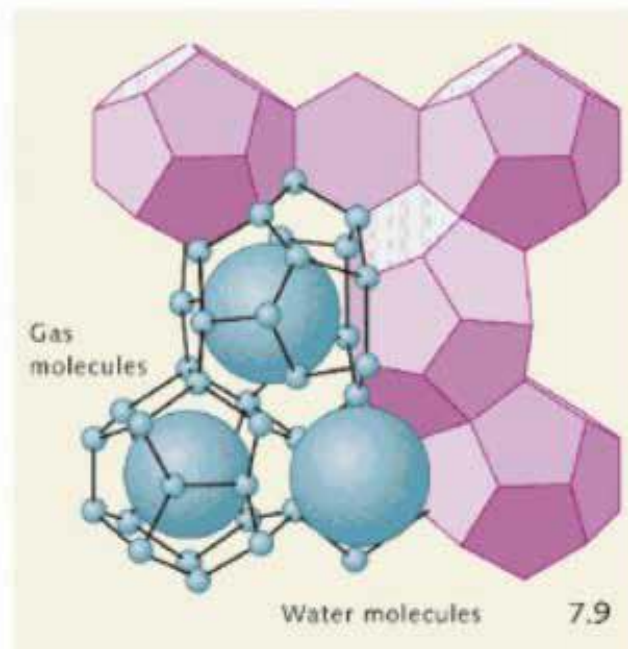
Навіть їх навіз - це місце для мікробів, які там вони живуть та продукують іще більше метану. Аналогічно, рисові поля при повені створюють ідеальне середовище (спокійна вода та низький рівень кисню) для бактерій, що виробляють метан. Мікроби також живуть та продукують метан на сміттєзвалищах та очисних спорудах стічних вод.

Метан також може навмисно або ненавмисно виділятися з нафтових і газових свердловин під час буріння та видобутку, навіть після того, як свердловина припинила роботу. Це може статися, коли свердловини не забиваються належним чином і виділяють великі обсяги метану в атмосферу.

4. Що таке природні гідрати метану (горючий лід)?

Природні гідрати метану (також відомі як горючий лід) - це твердий матеріал, схожий на лід (не газ), складений з води та метанового газу. Газ заблокований у молекулах води, і якщо ви викопаете шматок цього матеріалу і піднесете сірник до нього, то помітите, що він не розтане. Замість цього він створить шипучий ефект, а якщо ви підпалите його, то він загориться. Гідрати природного газу утворюються за певних умов з води та газу, які за зовнішніми ознаками схожі на звичайний лід. Метан утворюється, коли бактерії розкладають органічні рослинні та тваринні речовини, тобто з живих організмів і вуглецю в гнилих і частково розкладених рослинних і тваринних тканинах. Газогідрати знаходяться там, де є відкладення органічної речовини, яку споживають мікроби, зазвичай уздовж країв континенту, де температура низька, а тиск високий. В океані ми знаходимо їх у холодних просоченнях.

Величезна кількість газових гідратів метану існує на морському дні, хоча точна кількість та місця розташування не повністю вивчені. Ці гідрати загалом стабільні, поки щось на зразок теплої води не втручається. У разі дестабілізації, ці гідрати можуть вивільнити метан з морського дна в атмосферу та нагрівати її, утримуючи там тепло.



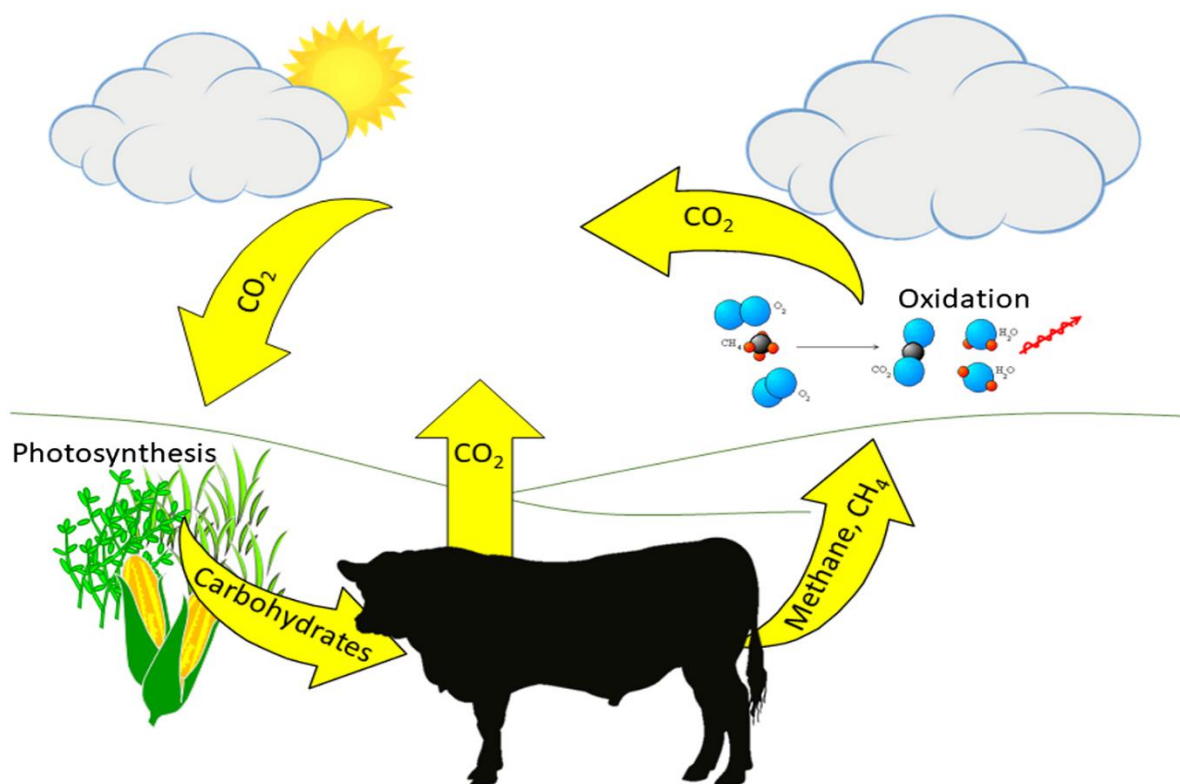
(Зображення ліворуч) структура гідрату метану у формі стільника; (зображення праворуч) структура газових гідратів: молекули метанового газу (великі кулі) ув'язнені в клітинках, створених молекулами води (менші кулі), якщо клітинки розбиваються (наприклад, через збільшення температури), метановий газ виходить на волю і може потрапити в колону води / атмосферу. Джерело зображення:

<https://worldoceanreview.com/en/wor-1/energy/methane-hydrates/>

5. Чому викиди метану мають значення? Як їх можна зменшити?

Викиди метану мають значення, оскільки метан є потужним парниковим газом, зі здатністю нагрівати атмосферу в 40 разів більше, ніж вуглекислий газ. Це означає, що метан сильніше утримує тепло в атмосфері, ніж вуглекислий газ, тому його присутність в атмосфері впливає на температуру та кліматичну систему Землі. Більшість метану в атмосфері походить з антропогенних джерел (людської діяльності), а не з холодних просочень, коли метановий газ потрапляє до колони води.

Багато уваги приділяється двоокису вуглецю у дискусіях про зміну клімату. Це тому, що його багато в атмосфері та концентрація його збільшується. Двоокис вуглецю може перебувати в атмосфері століттями. Метану в атмосфері набагато менше і він зберігається там у середньому лише близько десяти років. Це означає, що метан має великий вплив протягом відносно короткого періоду часу. Таким чином, зменшення викидів метану може мати швидкий і значний вплив на потенціал потепління атмосфери.



Процедура навчання:

Дотримуйтеся процесу, що супроводжує навчальне відео:

<https://youtu.be/k0awmdQQITA>

Групова робота:

Діяльність 1 (таємнича пляшка) базується на дискусії й може бути проведена як у невеликих групах, так і в цілому класі.

Для діяльності 2 учні поділяються на три групи, кожна з яких стоїть біля призначеної мапи. Група 1 знаходиться біля Мапи 1 (Батиметрія), група 2 – біля Мапи 2 (Вміст органічного вуглецю в морських відкладах), а група 3 працює біля Мапи 3 (метан / газові гідрати). Щоб розділити учнів на групи, попросіть їх порахуватися по 3, щоб визначити номер їх групи. Це забезпечує випадковий вибір учнів на кожну групу. Одним з переваг цього випадкового вибору є те, що учні працюють за межами своїх звичайних соціальних груп.

Для діяльності 3 учні формують три нових групи (група А, Б і В). Це буде інша група учнів, ніж та, з якою вони працювали під час діяльності 2. Кожна нова група повинна мати принаймні одну людину з раніше сформованих груп під час діяльності 2. Наприклад, група А повинна мати принаймні одну людину з груп 1, 2 і 3. Кожна група повинна послідовно попрацювати з кожною мапою, щоб ознайомитися з усіма.

Рекомендація:

Крім інструкцій, наведених нижче, будь ласка, перегляньте розділ «Вчителю» цього відео уроку для отримання більш детальних інструкцій.

Діяльність 1

ТАЄМНИЧА ПЛЯШКА, 5 ХВИЛИН:

Ця діяльність базується на дискусії, де учнів просять обговорити, як відрізнити пляшку з метановим газом від пляшки з вуглекислим газом.

1. **Почніть відеоурок**, подивіться перший фрагмент. Вчений на відео та вчитель дадуть додаткову інформацію та представлять Діяльність 1. Призупиніть відео в кінці фрагмента.
2. Розділіть своїх учнів на невеликі групи або проведіть дискусію з усім класом.
3. Запитайте учнів, як би вони розрізняли пляшку з метаном та вуглекислим газом. Дозвольте їм вільно висловлювати ідеї та пояснювати чому вони так вважають. Розгляньте можливості записати їхні ідеї на дошці.
4. По закінченні дискусії (5 хвилин) поверніться до відеоуроку, щоб включити наступний фрагмент, під час якого вчений з відео та вчитель пояснять схожості та розбіжності між двома газами та представлять Діяльність 2.

Діяльність 2

РОЗГЛЯДАЄМО МАПИ, 5 ХВИЛИН:

[Відеофрагмент 5:40 - 8:30]

Ця вправа для розглядання та опису наступних карт: Мапа 1 (Батиметрія), Мапа 2 (Вміст органічного вуглецю в морських відкладах) та Мапа 3 (Місцеперебування метану / газових гідратів). Кожну карту описано нижче:

- a. Мапа 1 показує топографію (висота поверхні землі) та батиметрію (глибина океанів) Землі. На карті використовується колір для позначення різних висот і глибин і симулюється сонячне затінення, щоб додати карті відчуття 3D. Шкала на правому боці показує інтенсивність кольорів на карті, які відповідають висотам у метрах.
- b. Мапа 2 показує глобальний розподіл загального вмісту органічного вуглецю (маса у %), що міститься у морських відкладах глибиною менше ніж 5 см.
- c. Мапа 3 показує місцеперебування газогідратів (місця вилучення, припущення та місця буріння).

1. Перед уроком, надрукуйте 3 карти та прикріпіть їх до стін класу на достатньому віддалі одна від одної, щоб групи з 8-10 учнів могли стояти навколо карти й не заважати іншій групі. Можна надрукувати карти великого розміру та заламінувати їх. Для учнів краще обговорювати карти стоячи, але якщо ви обмежені простором, можете прикріпити карти на стіл (наприклад, лабораторний стіл) і дозволити учням сидіти. Пам'ятайте, що ці карти можна використовувати повторно, особливо якщо ви їх заламінуєте.
2. Розділіть учнів на три групи. Кожна група стоїть навколо своєї карти (наприклад, Група 1 стоїть біля Карти 1).
3. Попросіть учнів ознайомитися з картами. Вони повинні прочитати текст збоку, щоб побачити, що відображається та як це відображається. Учні працюють у групі, обговорюючи те, на що дивляться. Як тільки вони ознайомляться з картами, вони можуть почати описувати те, що бачать. У своєму описі вони повинні використовувати слова “глибокий” або “неглибокий”, “високий органічний вуглець” або “низький органічний вуглець” тощо. Поки учні працюють, обходьте групи, слухайте та пояснюйте незрозумілості.
4. Після того, як учні закінчать вивчення своїх карт (10 хвилин), поверніться до відеоуроку та подивіться наступний сегмент. Вчений на відео та вчитель розкажуть про карти та представлять Діяльність 3.

Діяльність 3

ПОВ'ЯЗАНІ КАРТИ, 15 ХВИЛИН:

[Відеофрагмент 8:45 - 9:50]

1. Розділіть учнів на нові групи (група А, В та С). Це буде інша група учнів, ніж та, з якою вони працювали під час Діяльності 2. У кожній новій групі повинна бути принаймні одна людина з раніше сформованої групи у Діяльності 2. Наприклад, у групі А повинна бути принаймні одна людина з Групи 1, 2 та 3. Це забезпечить учасників, які знайомі з кожною з трьох карт.

2. Нагадайте студентам три питання, які вони будуть обговорювати:

- a. На якій глибині розташовуються більшість газових гідратів?
- b. Де ви бачите великі кількості органічного вуглецю у морських відкладах?
- c. Де ви очікуєте знайти газові гідрати та чому?

Щоб відповісти на ці питання, учням потрібно пов'язати три карти одну з одною. Розгляньте можливість написати ці питання на дошці.

3. Попросіть кожну групу відвідати кожну з карт, щоб ознайомитися з усіма. Під час кожного візиту 'експерт' по карті з Діяльності 2 проінформує групу. Наприклад, коли група А відвідує мапу 1, ті, хто вже знайомий нею, проінформують решту групи, і разом вони спробують дати відповідь на питання. Учні можуть записати свої відповіді в блокнот або на дошці. Поки вони це роблять, можете спокійно обходити групи, слухаючи та уточнюючи відповіді.

4. Як тільки учні закінчать (15 хв), поверніться до відеоуроку і подивіться останню частину. Вчений на відео та вчитель дадуть відповіді на три питання та покажуть деякі інструменти, якими користуються вчені для дослідження холодних просочень. Це останній відеофрагмент і кінець уроку.

Подальша дискусія

Тепер, коли ви дізналися про природні та штучні викиди метану, про холодні просочення та про те, як вчені їх знаходять і вивчають, ми радимо вам скористатися додатковим матеріалом (див. посилання нижче), щоб обговорити наступні питання:

1. Яку інформацію можна отримати за допомогою гравітаційного керна? Чим керни, отримані за допомогою цього методу, відрізняються від інших методів відбору кернів (наприклад, багатоканальних кернів та натискних кернів за допомогою ROV)?
2. Що ви можете зробити (як окрема особа), щоб зменшити викиди метану? Наведіть 2-3 приклади.
3. Як вчені використовують сейсмічні дані для документування викидів метану на глибині океану?
4. Чи є метан у атмосфері Марса? Як на рахунок його підземних частин? Що може означати існування метану на Марсі?

Посилання

АКМА наукові відео:

<https://akma-project.com> або з літа 2023 року на <https://en.uit.no/project/akma>

Холодні просочення:

<https://oceanexplorer.noaa.gov/edu/themes/cold-seeps/>

Зменшення викидів метану:

<https://eos.org/editors-vox/methanes-rising-what-can-we-do-to-bring-it-down>

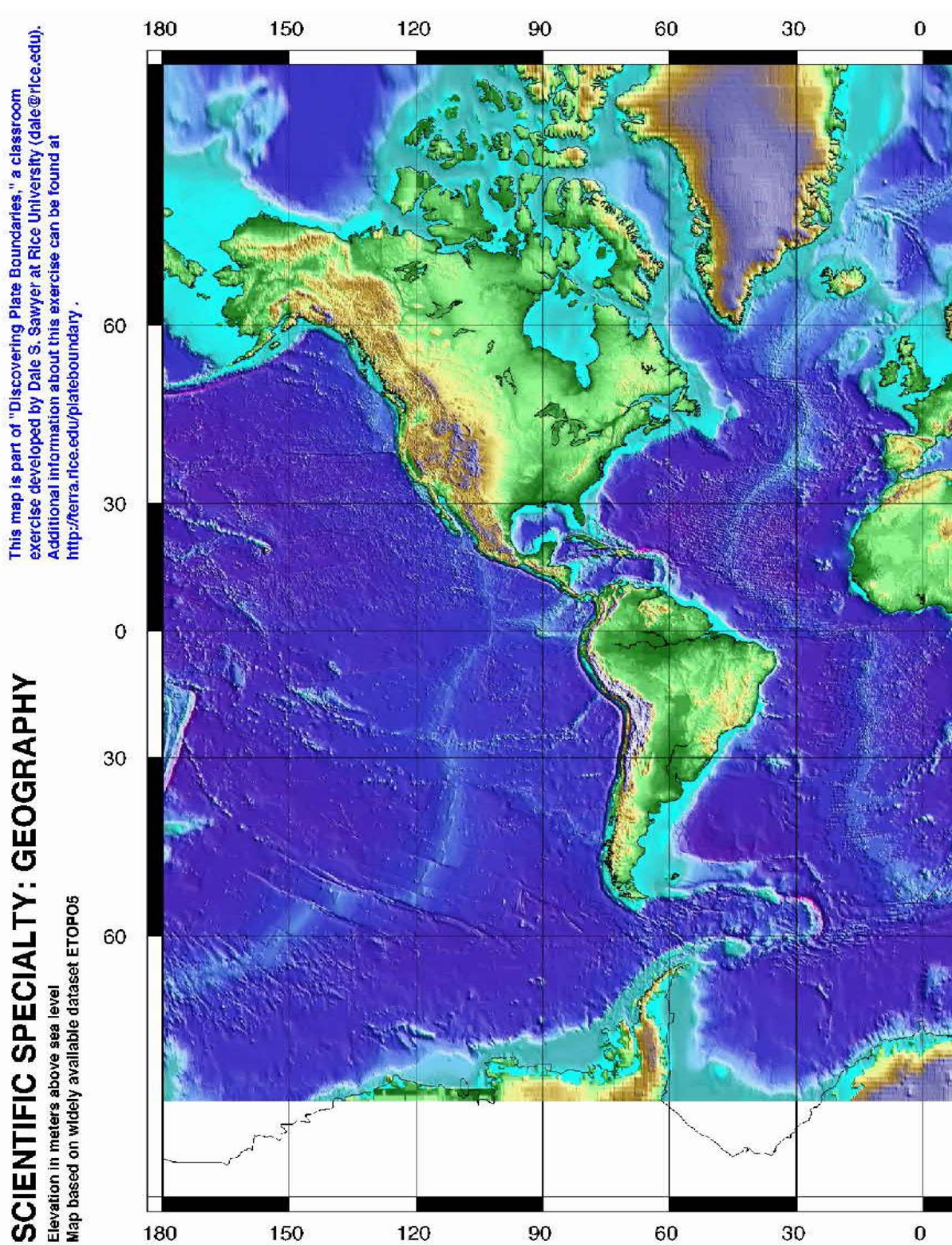
Мікробне споживання метану на морському дні:

<https://eos.org/research-spotlights/investigating-rates-of-microbial-methane-munching-in-the-ocean>

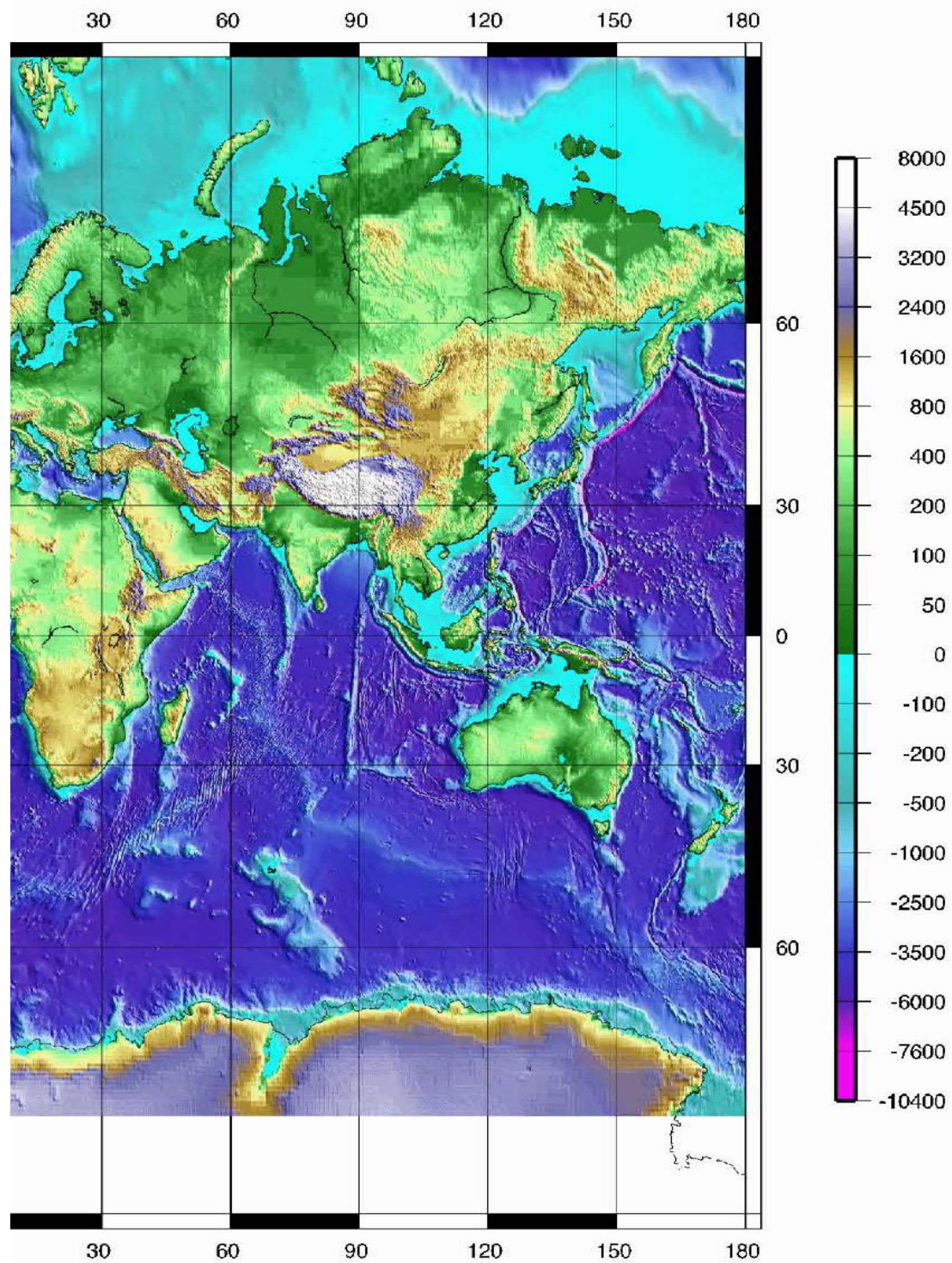
Марсіанський метан:

<https://eos.org/articles/how-scientists-search-for-martian-methane>

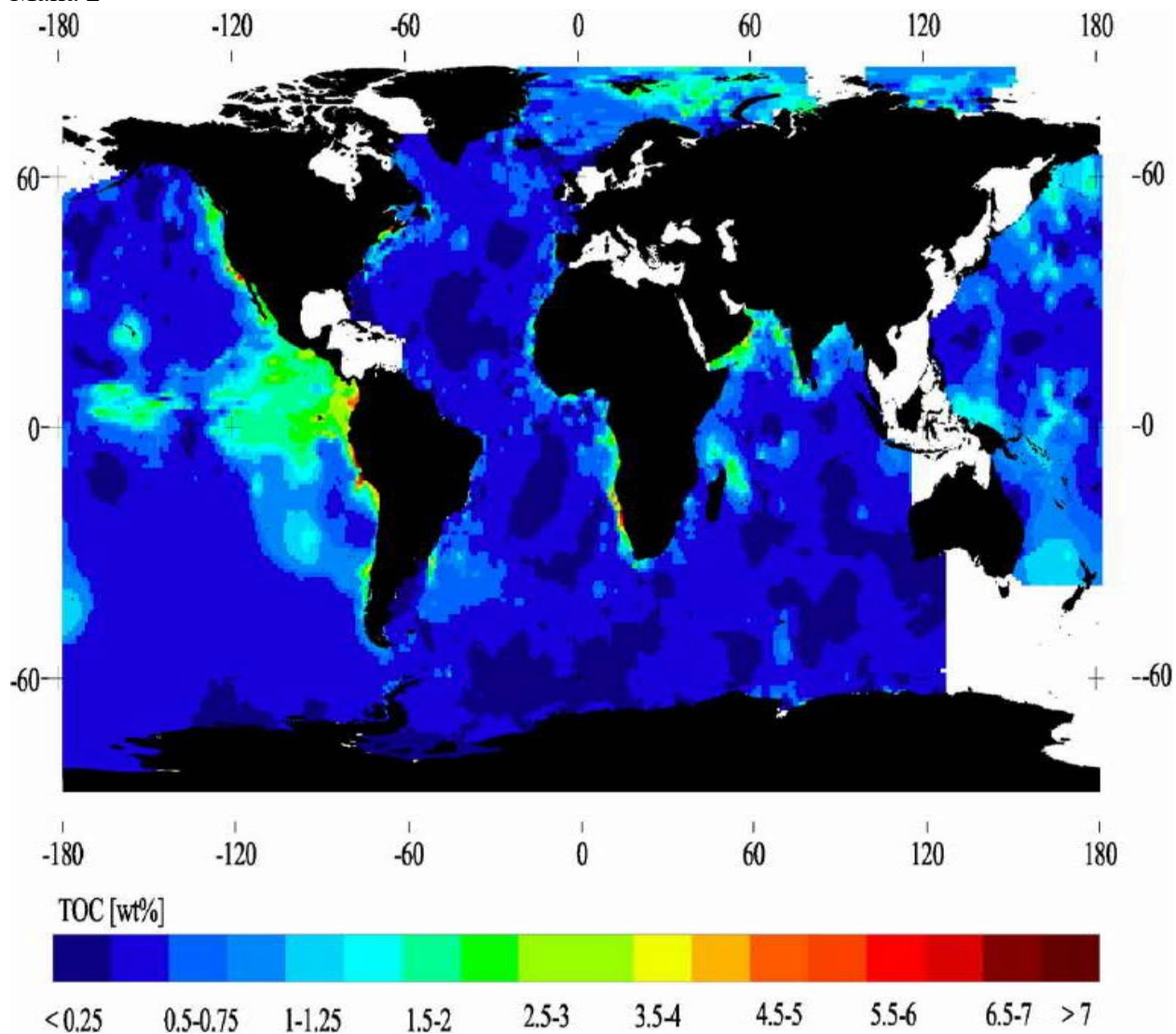
Мапа 1



Карта монографії/бамумемпії: <https://plateboundary.rice.edu/downloads.html> (last access: 24.11.2022)



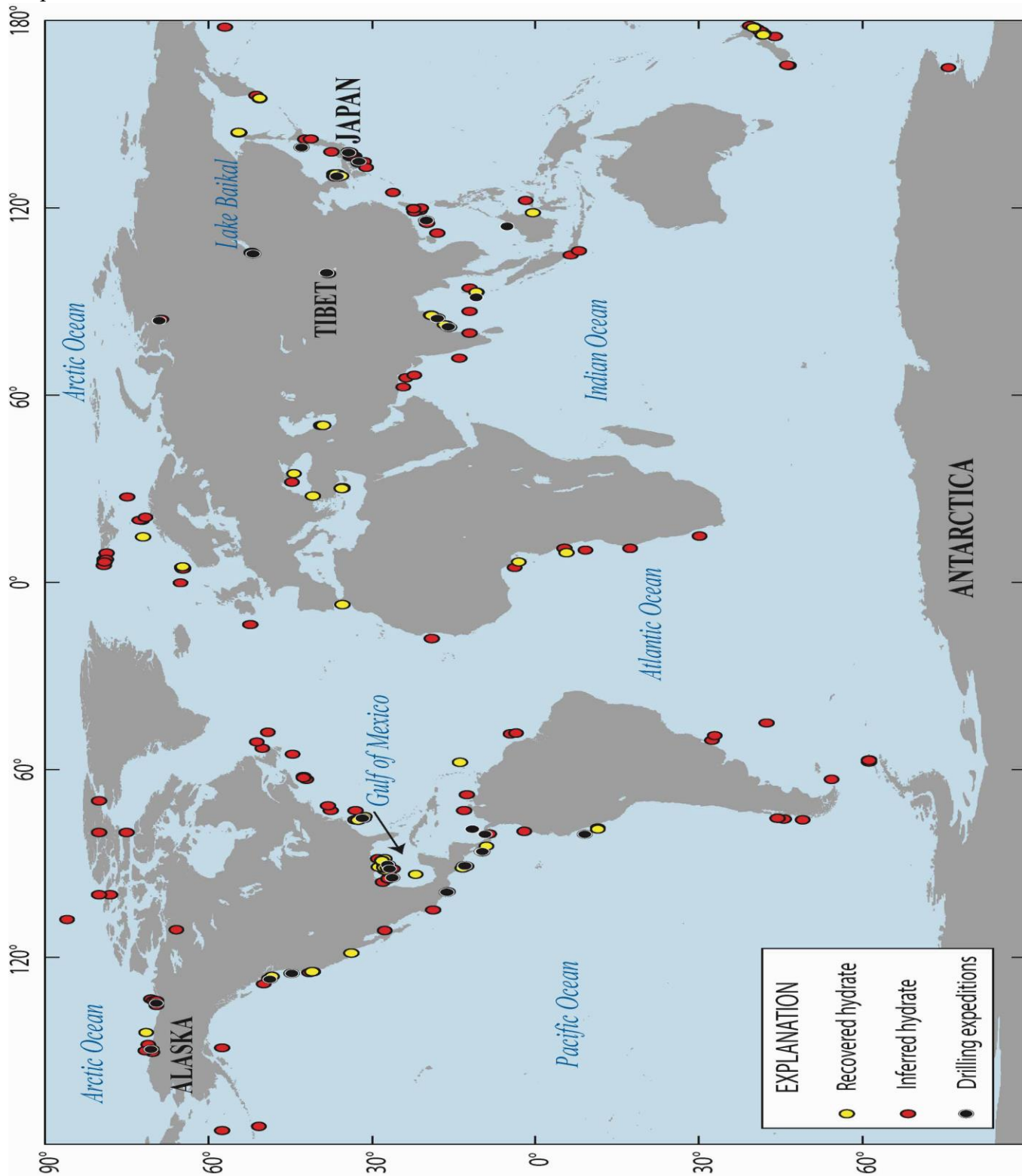
Мапа 2



Глобальна картина розподілу вмісту загального органічного вуглецю (ТОС – total organic carbon) у поверхневих відкладеннях (глибина осадів ≤ 5 см).

Сейтер, Катерина та ін. «Вміст органічного вуглецю в поверхневих відкладеннях — визначення регіональних провінцій». Глибоководні дослідження. Частина I: Океанографічні дослідження 51.12 (2004): 2001-2026.

Мапа 3



Мапа газових гідратів: Геологічна служба США: <https://www.usgs.gov/media/images/map-gas-hydrates> (останній доступ: 24.11.2022)