

BIOGEOCHEMIA

dla Ochrony Środowiska
Ch-OLo216-08
dla Studiów Biologicznych
WBNZ-407

- Prowadzący:
 - prof. dr hab. January Weiner
 - dr hab. Anna Rożen
 - dr Łukasz Sobczyk

Instytut Nauk o Środowisku UJ, wydz. BiNoZ

strona kursu:

www.eko.uj.edu.pl/weiner

USOS/Pegaz

CZAS I MIEJSCE: ŚRODY

wykład: godz. 10.30-11.15, Sala 1.1.1.

konwersatorium: wiadomo

.

Prowadzący zajęcia zawsze są dostępni dla indywidualnych konsultacji (w podanych godzinach, lub po umówieniu)

Zapytać o propozycje.

Forma i warunki zaliczenia

- Aktywny udział w konwersatoriach (dopuszczalne 2 nieobecności)
- Przygotowanie **2** opracowań na podstawie literatury i prezentacja na seminarium (25% og. oceny)
- Egzamin pisemny (test wielokrotnego wyboru i pytania otwarte; próg dst = 50% testu) (75% og. oceny)

Obowiązuje regulamin UJ

- Dwa (2) terminy egzaminu: pierwszy (I) i poprawkowy.
- W razie nieprzystąpienia w I terminie z ważnych powodów, przywrócić I termin może Dziekan (Dyrektor Instytutu); podpisaną decyzję trzeba przedstawić przed przystąpieniem do egzaminu w II terminie.
- Sesja poprawkowa może być przedłużona (w razie przywrócenia terminu z powodu choroby) tylko o 1 tydzień.
- **Innych terminów nie ma.**

ZALICZENIE:

TERMIN I MIEJSCE EGZAMINU:

I TERMIN:

środa 21.06.2017, GODZ. 10.00
[SALE P01, P02] [?]

POPRAWKOWY:

środa 06.09.2017, GODZ. 10.00,
[SALE P01, P02] [?]

Na każdych zajęciach

Konwersatorium

Prezentacje studentów (1 lub 2), dyskusja

- Wszyscy uczestnicy powinni zapoznać się z materiałami przed zajęciami i brać udział w dyskusji.
- Tematy omówione na konwersatoriach należą do programu objętego egzaminem.

Tematy prelekcji i nazwiska prelegentów zostaną ustalone na I zajęciach

PROWIZORYCZNY HARMONOGRAM ZAJĘĆ 2017

	data	Temat wykładu	kto
1	1.03	Sprawy organizacyjne; wstęp do biogeochemii (biosfera, metodologia)	JW
2	8.03	Cykl węgla (Produkcja-dekompozycja)	JW
3	15.03	Pierwiastki biogenne: cykl azotu	AR
4	22.03	Biogeny: cykl siarki	AR
5	29.03	Biogeny: P, Fe, Ca	AR
6	5.04	Mikroelementy	AR
7	12.04	Metale ciężkie	AR
8	19.04	Cykle biogeochemiczne w ekosystemach lądowych	AR
9	26.04	Cykle biogeochemiczne w e. wilgotnych i wodnych	AR
10	10.05	Stechiometria ekosystemów	JW
11	17.05	Biogeneza; metabolizm biosfery	JW
12	24.05	Biosfera jako zintegrowany ekosystem	JW
13	31.05	Biogeochemia a klimat; zmiany globalne	JW
14	25.05	Biosfera: mitologia i nauka (hipoteza Gai)	JW
		TERMINY ZAREZERWOWANE NA ZAJĘCIA TERENOWE O.Ś.	

**DO ZAJĘĆ PRZYGOTOWUJĄ SIĘ WSZYSCY
(NIE TYLKO PRELEGENCI)**

materiały pomocnicze:

- <http://www.eko.uj.edu.pl/weiner>

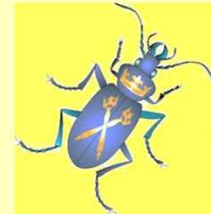
Nazwa użytkownika: *****

Hasło: *****

- USOS/Pegaz

Założenia podstawowe

- Uniwersytet Jagielloński jest uniwersytetem
- Biogeochemia = część ekologii
- Ekologia = biologia
- Biologia = nauka (*science*)
- Nauka: metoda



Założenia podstawowe

Uniwersytet Jagielloński jest uniwersytetem (zaraz wyjaśnimy, co znaczy ta pozorna tautologia)

Biogeochemia to część szerszej dziedziny naukowej, ekologii.

Ekologia to jest biologia, dokładniej – jeden z głównych programów badawczych biologii, czyli nauki zajmującej się zjawiskiem życia na Ziemi.

Biologia zaś - jest nauką (w takim sensie, jakiego dotyczy angielski termin *science*). To ważne rozróżnienie, ponieważ w języku potocznym, a nawet profesjonalnym – skutkiem szczególnej właściwości języka polskiego, słowo „nauka” może znaczyć cokolwiek („nauka jazdy”), terminem nauka obejmuje się rozmaite obszary działalności poznawczej lub twórczej człowieka, nie mające ze sobą nic wspólnego poza tym, że zalicza się je do jednej domeny: nauki.

Tymczasem nauka zdefiniowana ściśle (= *science*) po polsku wymaga dodatkowych określeń: nauka przyrodnicza, nauka ścisła, nauka eksperymentalna – nie ma jednego, lapidarnego i ścisłego terminu. Ale nauka, o której mowa, to domena działalności poznawczej człowieka, którą wyróżnia uniwersalna dla wszystkich jej działów **metoda**: sposób obserwacji świata, wyodrębniania wzorców, ich wyjaśniania (czyli odgadywania związków przyczynowo skutkowych), poprzez rygorystyczne procedury stawiania i testowania hipotez, wnioskowania w oparciu o ilościowy rachunek prawdopodobieństwa. Dyscyplina metodologiczna daje naukom (*science*) ogromną przewagę nad innymi obszarami działalności poznawczej (np. tzw. Naukami humanistycznymi, społecznymi czy ekonomicznymi), którą jest bezkonkurencyjna wiarygodność. Charakterystyczną

cechą nauk (*science*) jest ich hipotetyczność, niepewność (nauki orzekają tylko w granicach określonego prawdopodobieństwa), a mimo to – nauki (*science*) najrzadziej się mylą, dzięki nim możliwa jest technika, medycyna i inne działania praktyczne, składające się na rozwój cywilizacji i coraz pełniejsze rozumienie świata rzeczywistości przyrodniczej. Nie ma tu miejsca na szersze rozwinięcie tematu metodologii nauk (*science*), który zasługuje na osobny, pełnowymiarowy kurs na każdym studiach przyrodniczych. Trzeba jednak zwrócić uwagę na jeszcze jedną ważną cechę nauk (*science*): ich domena obejmuje tylko świat materialny, w szerokim sensie „przyrodę” (ożywioną i nieożywioną), dlatego często nazywa się je naukami przyrodniczymi. Nauki te z definicji nie zajmują się pojęciami należącymi do świata wartości. Metodologia nauk przyrodniczych nie daje żadnych narzędzi, aby orzekać na temat wartości, ich hierarchii, itp. To jest domena humanistyki. Celowo nie używam terminu „nauki humanistyczne”, który w tym kontekście jest mylący: różne dziedziny humanistyczne, o fundamentalnym znaczeniu dla ludzkości (w szczególności – dla rozwoju kultury) – zajmują się twórczą refleksją przede wszystkim na temat wartości, posługując się zupełnie inną metodą i innym warształem; ich znaczenie dla ludzi jest zupełnie inne, niż znaczenie nauki, mylenie jednych z drugimi pociąga opłakane skutki. Owszem, na styku humanistyki i nauki (*science*) są obszary działalności poznawczej, które można by nazywać „naukami humanistycznymi” nie przeinaczając znaczenia terminu nauka (*science*) – np. pewne obszary socjologii czy psychologii – które posługują się dokładnie taką samą rygorystyczną metodologią, jak nauki przyrodnicze. Są to więc nauki *sensu stricto* i dodatek „humanistyczny” tylko wprowadza zamieszanie, ponieważ w obrębie humanistyki też są ważne obszary twórczości zaliczane do socjologii czy psychologii, jednak z nauką (*science*) nie mające wiele wspólnego.

Po tej przydługiej dygresji, wróćmy do podstawowych założeń kursu.

Uniwersytet

- *Wyższa Szkoła Zawodowa im. Władysława Jagiełły ??*

NIE!!!

- **Aktywne dowiadywanie się:**
 - Ze źródeł (biblioteka: czasopisma, książki, bazy danych)
 - Od rzeczywistości (badania)
 - Od siebie wzajemnie (wykłady, seminaria, pogawędki)
- **Zaliczanie: formalność. Studia są dla ciekawych.**

Uniwersytet Jagielloński jest uniwersytetem – a nie Wyższą Szkołą Zawodową im. Władysława Jagiełły. Obecnie mamy do czynienia z huraganową inflacją pojęcia „uniwersytet” – miano to było nadawane wielu zakładom dydaktycznym, szkołom zawodowym, nie mającym wiele wspólnego z instytucją uniwersytetu.

A co to jest uniwersytet? To instytucja, powołana do tego, aby umożliwić wielu ludziom **aktywne dowiadywanie się**, poszukiwanie znaczenia (wyjaśniania, związków przyczynowo-skutkowych, dzięki którym możliwe jest przewidywanie, stawianie dalszych pytań i działalność praktyczna). Na uniwersytecie zgromadzone są w jednym miejscu ogromne zasoby, umożliwiające tę działalność, przede wszystkim – modny termin – „zasoby ludzkie”: ludzie posiadający umiejętność dowiadywania się w najróżniejszych dziedzinach nauki i humanistyki, posiadających umiejętność krytycznego wyszukiwania i posługiwania się już wcześniej zebranymi informacjami; są też odpowiednie warsztaty: olbrzymie zasoby informacji lub otwarte kanały docierania do tej informacji (biblioteki, oprogramowanie komputerowe z dostępem do baz danych, itd.), oraz laboratoria – odpowiednie urządzenia umożliwiające aktywne dowiadywanie się bezpośrednio od przyrody.

Uniwersytet zasadniczo nie uczy zawodu – czyli nie daje biegłości w wykonywaniu konkretnych czynności, takich jak kierowanie samochodem czy prowadzenie buchalterii – tym zajmują się uczelnie zawodowe (z praktycznych względów kursy zawodowe mogą być też prowadzone na uniwersytetach, ale to nie one stanowią sedno ich działalności). Jeżeli uniwersytet miałby uczyć jakiejś praktycznej umiejętności, to powinna to być biegłość w wyszukiwaniu i krytycznym selekcjonowaniu wiarygodnej informacji. Czyli – metodologii nauk.

Uniwersytet nie jest też szkołą elementarną – gdzie to na nauczycielu spoczywa obowiązek nauczania uczniów konkretnego materiału, choćby wbrew ich woli – prośbą i groźbą. Uniwersytet to miejsce, gdzie ludzie przychodzą się dowiadywać z własnej woli, wiedzeni ciekawością, lub ambicją osiągnięcia kwalifikacji, które pozwolą im opanować i twórczo (a nie bezmyślnie) wykonywać rozmaite zawody.

Na poziomie uniwersyteckim nie ma możliwości, aby to nauczyciel nauczył czegoś swoich uczniów. Każdy musi uczyć się sam, wykorzystując do tego celu możliwości i narzędzia, jakie znajduje na uniwersytecie. Jak powiedział jakiś mędrzec – ludzie dzielą się na samouków i nieuków – innej kategorii nie ma. Każdy student UJ ma bezpłatny (ale drogo opłacony z pieniędzy podatników) dostęp do ogromnej większości publikacji naukowych – w tym najnowszych – z całego świata – z własnego komputera. Na UJ każdy student ma prawo wysłuchać wykładów specjalistów z wielu dziedzin, w tym i takich, którzy mają znaczącą pozycję międzynarodową; co więcej ma do nich bezpośredni dostęp: nauczyciele akademicki gotowi są w każdej chwili udzielać wyjaśnień na każdy temat. Na wielu najlepszych uniwersytetach świata charakterystyczną cechą jest skupienie wszystkich tych zasobów w jednym miejscu – na „kampusie”, tak by dostęp do specjalistów i warsztatów różnych dziedzin był szczególnie ułatwiony – UJ dopiero taki kampus buduje. To ważne, bo istotną cechą uniwersytetu jest i to, że ludzie dowiadują się od siebie wzajemnie – nie tylko na wykładach i seminariach, ale na nieformalnych spotkaniach, w stołówce, przy kawie, na spacerze. Dowiadują się nie tylko studenci od profesorów, ale i odwrotnie – profesorowie od studentów.

Uniwersytet tym jeszcze różni się od szkoły zawodowej, że członkowie społeczności uniwersyteckiej dowiadują się też bezpośrednio od rzeczywistości: prowadzą badania naukowe. Robią to prawie wszyscy nauczyciele akademicki (dzieląc czas na badania i dydaktykę), jest to główne zajęcie doktorantów, badania powinni również prowadzić studenci.

Ukończenie prawdziwego uniwersytetu, poświadczony dyplomem – powinno być gwarancją, iż adept dowiedział się wielu rzeczy, a przede wszystkim posiadał umiejętność dociekań naukowych: wyszukiwania, krytycznego selekcjonowania informacji o najwyższej wiarygodności, i wnioskowania – stawiania hipotez, uogólnień, proponowania dyrektyw praktycznego działania. W krajach o wysoko rozwiniętej cywilizacji jeden dyplom renomowanego uniwersytetu ma wielkie znaczenie, nie mogą z nim konkurować kolekcje dyplomów z różnych fakultetów słabych uczelni. Sam fakt posiadania wielu dyplomów nasuwa podejrzenie, że są niewiele warte, bo dyplom renomowanej uczelni trudno zdobyć. Dlatego, że aby taki dyplom coś znaczył, konieczne jest sprawdzane, czy ubiegający się o ten dyplom rzeczywiście coś wie i umie. Stąd konieczność prowadzenia egzaminów. To formalność, ale niezbędna.

Samodzielne poszukiwanie źródeł:

- Biblioteka (książki, czasopisma, po polsku i po angielsku)
- INTERNET: **OSTROŻNIE!**
 - **Wiarygodne źródła dostępne w internecie:**
 - Bazy danych SCOPUS, ISI Web of Science
 - Czasopisma w wolnym dostępie
 - Można korzystać z Wikipedii (!), najlepiej po angielsku
 - Pozostałe źródła internetowe wymagają starannej weryfikacji!

BIOGEOCHEMIA

- nauka zajmująca się rozmieszczeniem i przemieszczaniem się pierwiastków chemicznych w biosferze, przy udziale żywych organizmów.
- wyjaśnia mechanizmy funkcjonowania biosfery w skali globalnej i ekosystemów w skali lokalnej
- znaczenie: ochrona środowiska, gospodarka zasobami naturalnymi

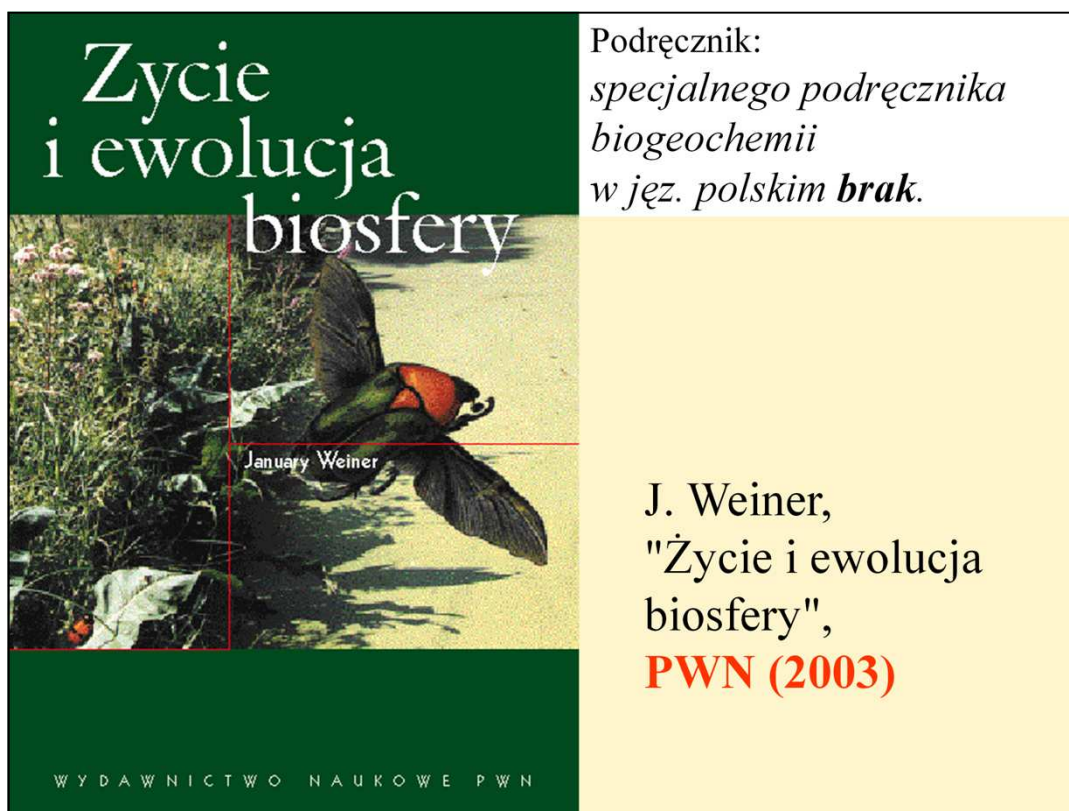
Kurs biogeochemii jest kursem uniwersyteckim. Dlatego oczekujemy, że studenci sami będą się starali dowiedzieć wielu rzeczy i wiele spraw zrozumieć, a my nauczyciele akademicy – mamy im w tym pomóc. Wybraliśmy pewien zakres zagadnień, które zarysujemy na wykładach, co do których podsunie dodatkowe lektury, o których będą mówili sami studenci na konwersatoriach. Zagadnienia te wchodzi w zakres dziedziny, którą wyodrębniamy z kontinuum nauk przyrodniczych pod nazwą „biogeochemia”.

Biogeochemia to nauka zajmująca się rozmieszczeniem i przemieszczaniem się pierwiastków chemicznych w biosferze, przy udziale żywych organizmów. Biogeochemia wyjaśnia mechanizmy funkcjonowania biosfery w skali globalnej i ekosystemów w skali lokalnej. Biogeochemia jest nauką podstawową, ale jej ustalenia mają znaczenie praktyczne: dla ochrony środowiska i gospodarki zasobami naturalnymi.

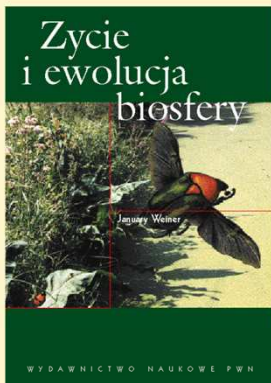
Zagadnienia

- **A. Mechanizmy (jak to się dzieje)**
 - Geochemia a biogeochemia
 - Życie jako reakcja redoks
- **B. Cykle biogeochemiczne (co się dzieje)**
 - Cykl globalny węgla i tlenu
 - Pierwiastki biogenne (N, P, K, Ca, Mg, Fe i in.)
 - Cykl globalny azotu.
 - Cykl globalny siarki
 - Mikroelementy, metale ciężkie w biosferze.
 - Cykle biogeochemiczne w wybranych środowiskach
 - Interakcje międzygatunkowe: stechiometria ekologiczna
- **C. Integracja: efekty globalne**
 - Biogeochemia biosfery
 - Biogeochemia a klimat

W tym kursie chcielibyśmy zwrócić uwagę na następujące grupy zagadnień:



W języku polskim brak nowoczesnego podręcznika poświęconego wyłącznie tej dziedzinie. W znacznej mierze tematykę tę porusza podręcznik ekologii pt. „Życie i ewolucja biosfery”. Jest wiele podręczników po angielsku, są w naszej bibliotece, ale w pojedynczych egzemplarzach, więc nie mogę ich rekomendować jako lektury podstawowej.



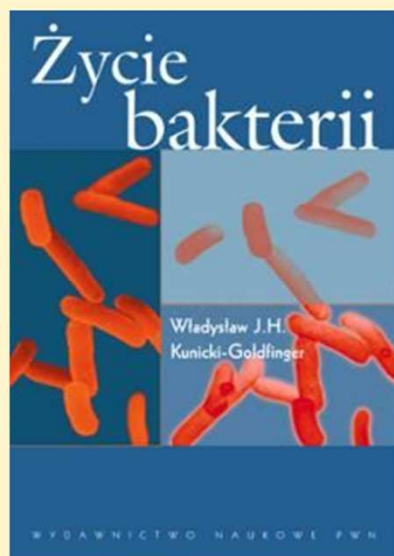
ROZDZIAŁY

- 1.2. O metodzie naukowej
 - 2.4. Planeta Ziemia
 - 2.5. Ziemia pod nogami
 - 2.6. Cyrkulacja atmosferyczna i cykl hydrologiczny
 3. Biogeneza i historia biosfery
 4. Metabolizm biosfery
 5. Produkcja pierwotna biosfery
 6. Dekompozycja, czyli rozkład biomasy
 - 7. Cykle biogeochemiczne**
- RAZEM OK. 170 str.

Podręcznik „Życie i ewolucja biosfery” zagadnieniom biogeochemicznym poświęca łącznie ok. 170 stron, w następujących rozdziałach:

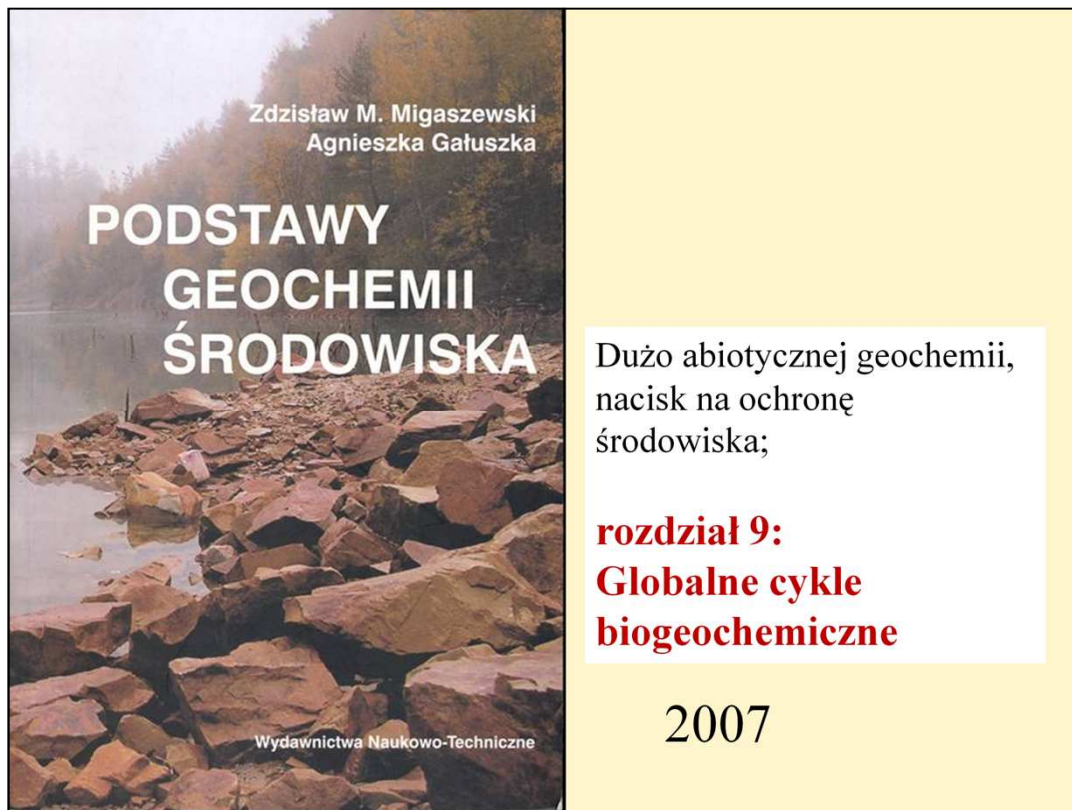
- 1.2. O metodzie naukowej
- 2.4. Planeta Ziemia
- 2.5. Ziemia pod nogami
- 2.6. Cyrkulacja atmosferyczna i cykl hydrologiczny
3. Biogeneza i historia biosfery
4. Metabolizm biosfery
5. Produkcja pierwotna biosfery
6. Dekompozycja, czyli rozkład biomasy
7. Cykle biogeochemiczne

Nie jest to jednak podręcznik biogeochemii, wielu spraw tam nie ma, w dodatku ostatnie wydanie tego podręcznika jest sprzed ponad 10 lat, więc wiele spraw wymaga uzupełnienia o nowsze wyniki badań. Te uzupełnienia będą na wykładach i w zalecanych dodatkowych lekturach.

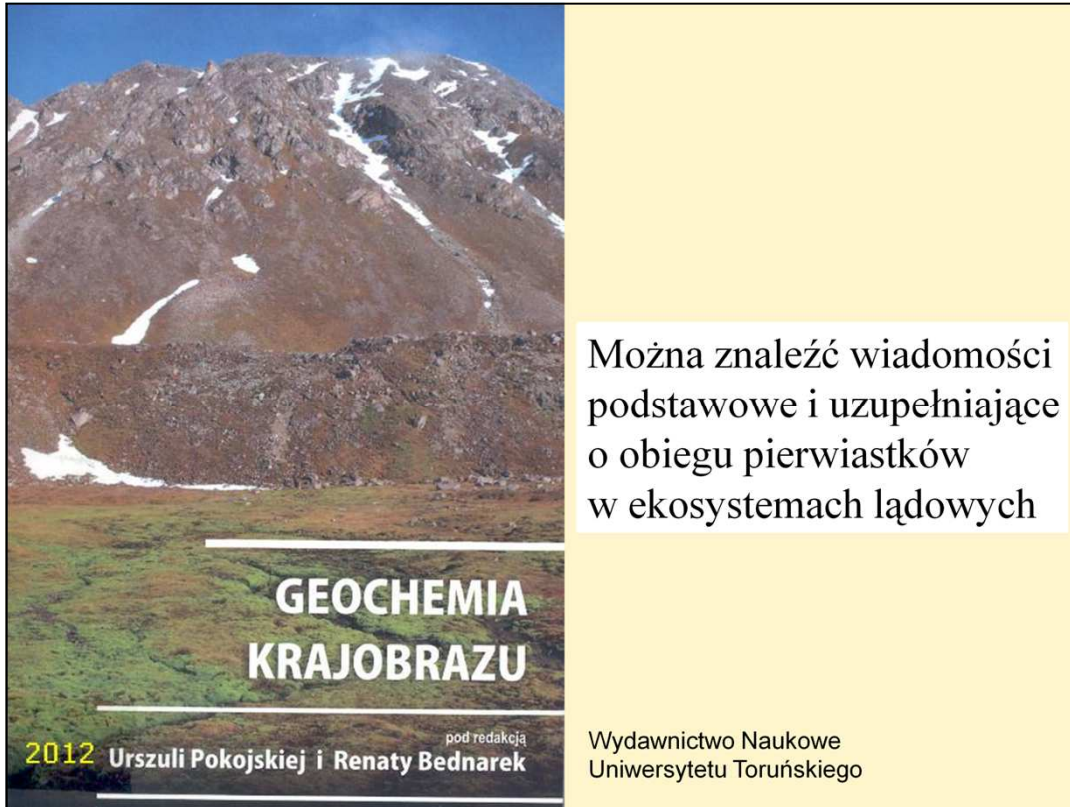


W.J.H. Kunicki-
Goldfinger. *Życie*
bakterii
(wyd. najnowsze)
Rozdział 12.

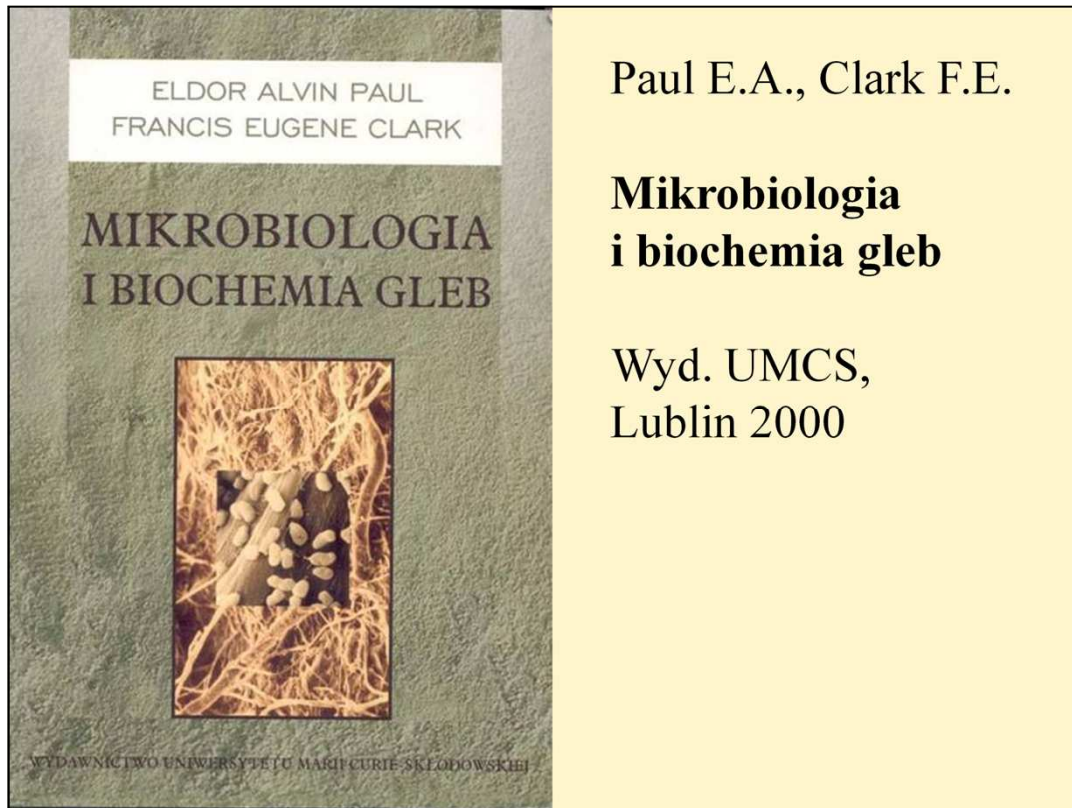
Znakomity podstawowy podręcznik mikrobiologii Kunickiego-Goldfingera i wsp., ciągle wznawiany, jeden rozdział (12) poświęca zagadnieniom biogeochemicznym.



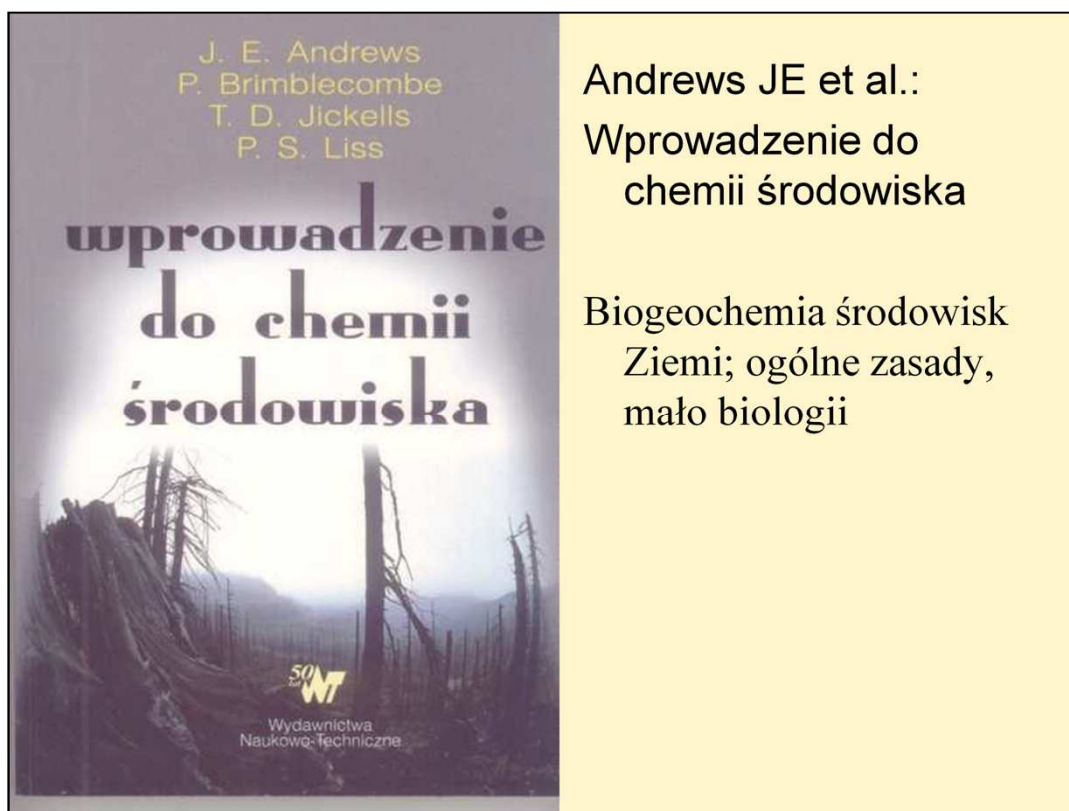
Stosunkowo niedawno opublikowany podręcznik geochemii środowiska, głównie zajmujący się zagadnieniami abiotycznymi i praktyką ochrony środowiska, zawiera jeden rozdział poświęcony globalnym cyklom biogeochemicznym.



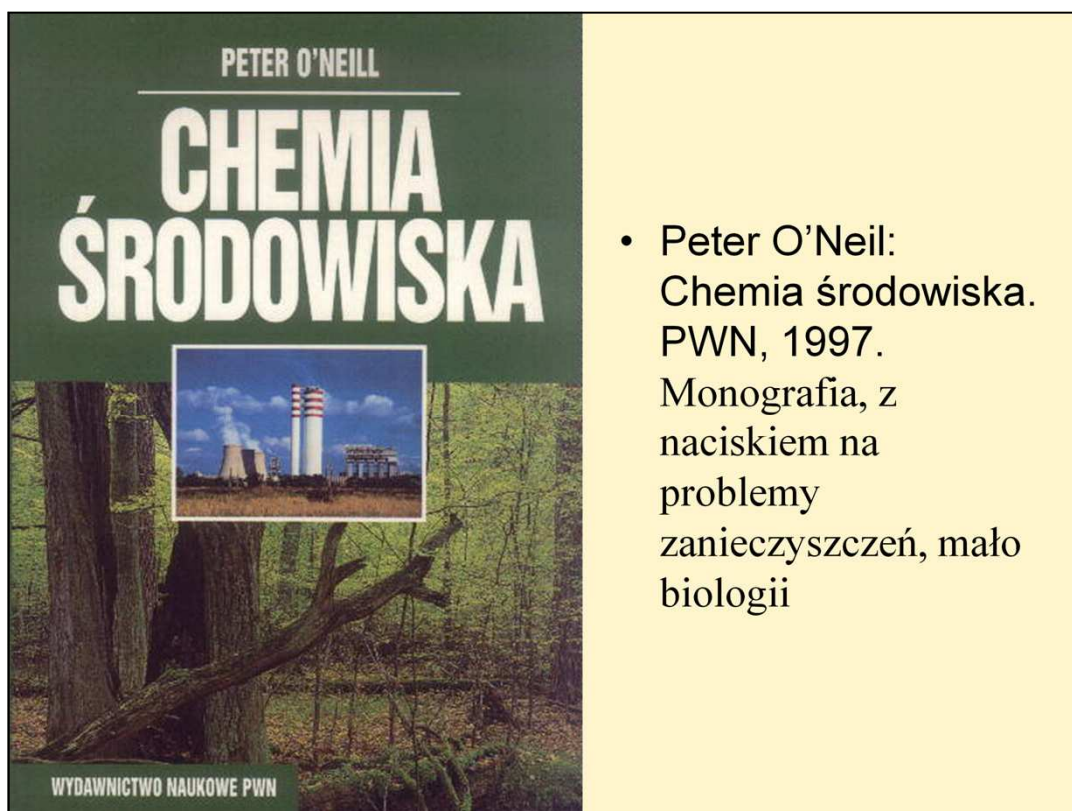
Monograficzny podręcznik „Geochemii krajobrazu” – głównie zajmuje się specyficzną odmianą gleboznawstwa, ale można w nim znaleźć podstawowe dane o obiegu pierwiastków w ekosystemach lądowych.



Jest wiele innych książek, stanowiących cenne uzupełnienie – np. Mikrobiologia i biochemia gleb wyjaśnia elementarne mechanizmy cykli biogeochemicznych.

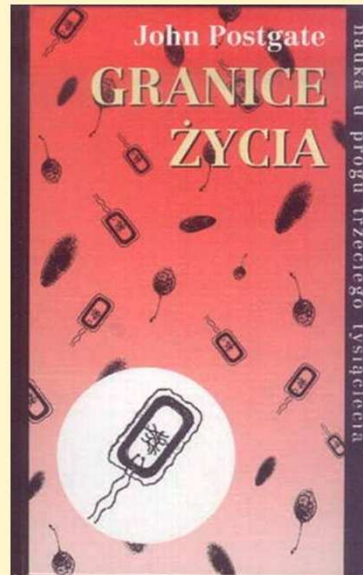


Są książki przykuwające uwagę wyrażeniem „chemia środowiska” w tytule – są to zazwyczaj monografie poświęcone abiotycznym procesom w środowisku człowieka, wywołanym przez człowieka, głównie poprzez tzw. zanieczyszczenia przemysłowe. Są to problemy dość odległe od tych, które stanowią treść kursu biogeochemii i omawiane są zazwyczaj na innych kursach – związanych z ochroną i inżynierią środowiska. Jednak i tam znaleźć można fragmenty poświęcone zjawiskom naturalnym, z udziałem żywych organizmów innych niż człowiek.



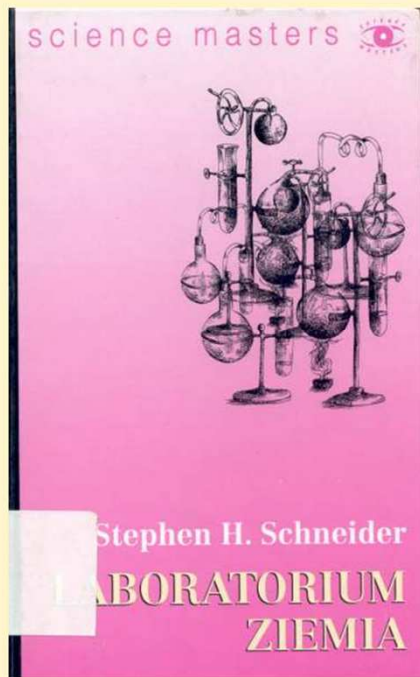
- Peter O'Neil:
Chemia środowiska.
PWN, 1997.
Monografia, z
naciskiem na
problemy
zanieczyszczeń, mało
biologii

Literatura popularno-naukowa



- **Postgate J., Granice życia. CIS 1997**
- **Świat Nauki (miesięcznik) !!!**
- **Wiedza i Życie (miesięcznik)**
- **Wszechświat (miesięcznik)**

Nie należy lekceważyć literatury popularnonaukowej, pod warunkiem, że jest to popularyzacja na serio. Książki i czasopisma popularnonaukowe mogą być miarodajnym źródłem informacji naukowej, nieraz z pierwszej ręki (gdy autorami są badacze znani ze swoich odkrywczych publikacji ściśle naukowych – celuje w tym miesięcznik „Świat Nauki”). Godne polecenia są również czasopisma „Wiedza i Życie” oraz „Wszechświat”. Liczne inne tytuły podające się za czasopisma popularno-naukowe mają charakter pseudonaukowych tabloidów, i zamieszczone tam teksty są albo bezwartościowe, albo wręcz fałszywe.



Schneider S.F.

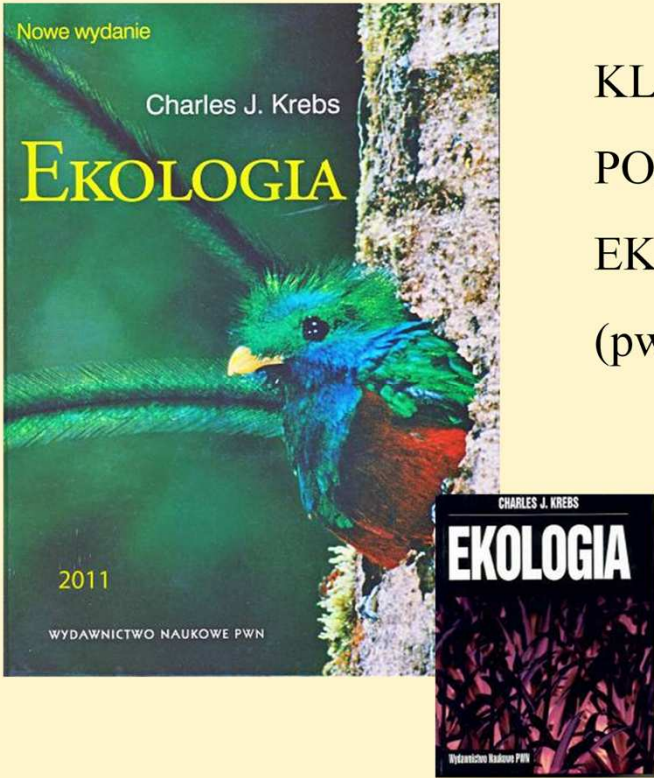
Laboratorium Ziemia

CIS

Warszawa 1998

*[zintegrowana biosfera,
zmiany globalne]*

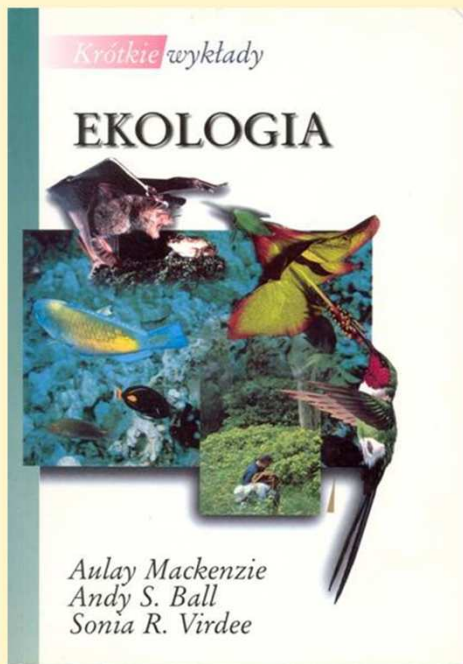
Serie książek popularno-naukowych wydawnictwa CIS, Prószyński i S-ka, niewiele innych. Trzeba bardzo uważać, gdyż półki księgarń uginają się pod setkami tomów popularnej – pseudonaukowej szmiry w atrakcyjnych okładkach.



KLASYCZNY
PODRĘCZNIK
EKOLOGII KREBSA
(pwn 1998)

BIOGEOCHEMII
POŚWIĘCA 30 STR.
(4% OBJĘTOŚCI)

W podręczniku ekologii (innych, niż wymieniony poprzednio) zwykle znajdują się fragmenty dotyczące biogeochemii (choć ta nazwa dziedziny może nie być nazwana po imieniu), ale są to zwykle bardzo małe fragmenty, jak np. w renomowanym, klasycznym, podręczniku ekologii Krebsa.

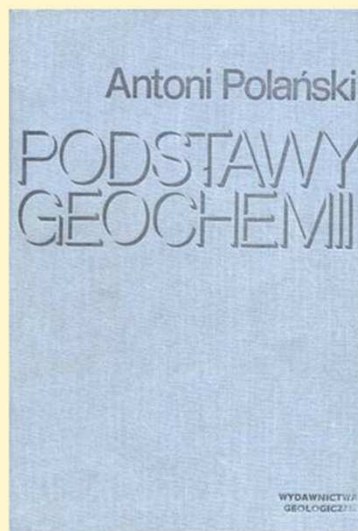
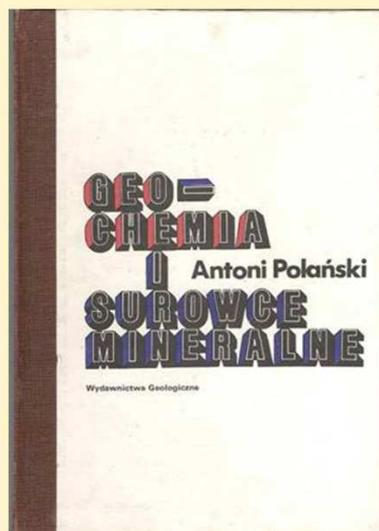


PODSTAWOWY
PODRĘCZNIK
EKOLOGII
(pwn 2000)

BIOGEOCHEMII
POŚWIĘCA 8 STR.
(2% OBJĘTOŚCI)

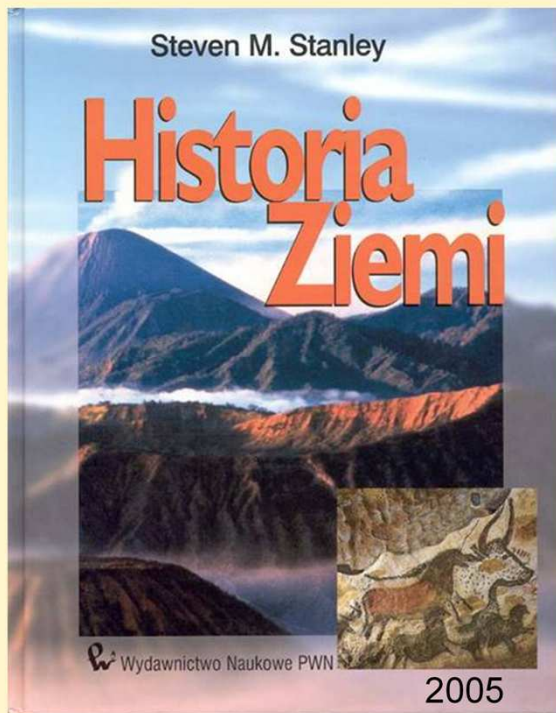
Bardzo popularny i bardzo dobry, encyklopedyczny podręcznik ekologii z serii „krótkie wykłady” zawiera też bardzo krótki wykład zagadnień biogeochemicznych.

PODRĘCZNIKI GEOCHEMII



**JESZCZE W LATACH 1980/90 IGNOROWAŁY
ISTNIENIE ŻYCIA NA ZIEMI...**

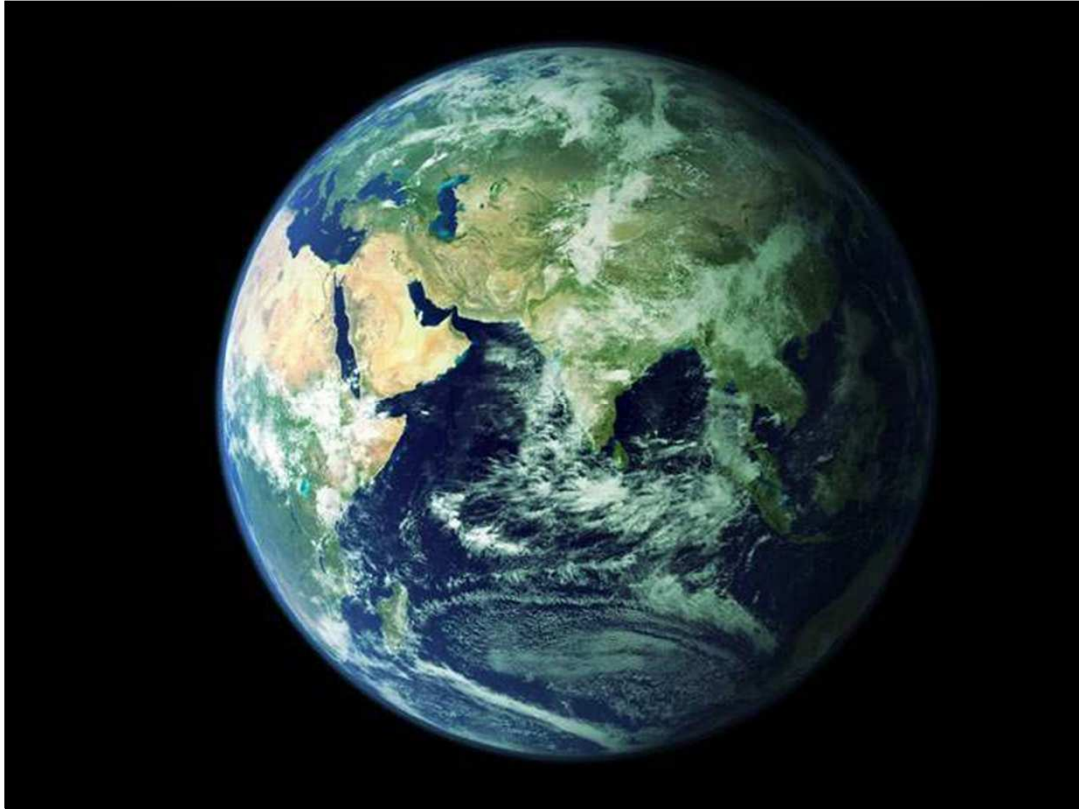
Klasyczne podręczniki geochemii, pisane z pozycji nauk geologicznych, z reguły zagadnienia biogeochemiczne traktują zupełnie marginalnie. Jeszcze na początku lat 90 wydawane w Polsce geologiczne podręczniki geochemii ignorowały prawie zupełnie fakt istnienia życia na Ziemi, i jego udziału w dynamice pierwiastków.



TU
JEST
WSZYSTKO...

...OSOBNO

W sławnym elementarnym kompendium paleobiologicznym niby jest wszystko. Ale osobno! Bogate źródło ciekawych informacji, ale o charakterze encyklopedycznym



Tyle tytułem wstępu.

Przechodzimy teraz do fundamentalnego pojęcia dla dziedziny biogeochemii – do pojęcia biosfery.

POJĘCIE BIOSFERY

SUESS (1875):

STATYCZNE, TOPOLOGICZNE

(WARSTWA NA POWIERZCHNI GLOBU)

VERNADSKIJ (1926):

DYNAMICZNE, FUNKCJONALNE

(EKOSYSTEM)

Termin biosfera wprowadził szwajcarski geolog Suess jeszcze w XIX wieku, symetrycznie do wcześniej używanych: atmosfera, hydrosfera, litosfera – oznaczających warstwy składające się na powierzchnię naszej planety. Suess zaproponował, aby cienką warstewkę w której funkcjonuje życie nazwać biosferą. U Suessa było to pojęcie topologiczne, i statyczne.

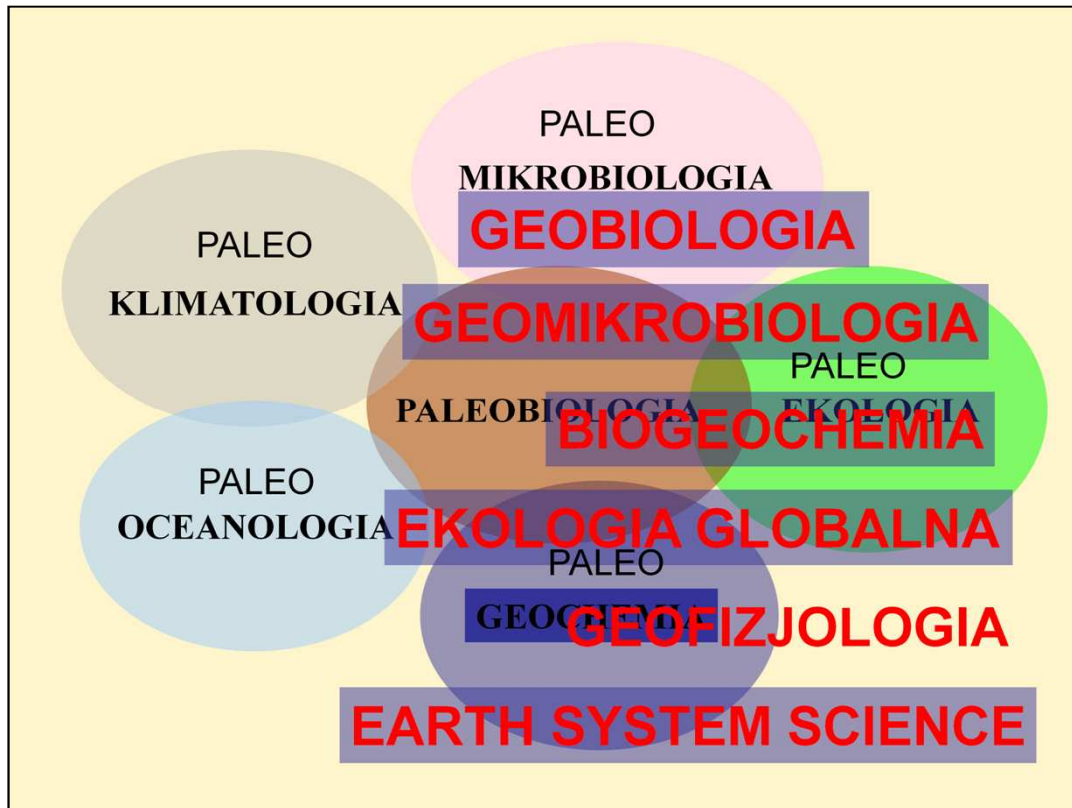
W latach 20 XX wieku rosyjski geochemik, pracujący wówczas za granicą, zaproponował inne znaczenie dla tego samego terminu: dla niego biosfera był to dynamiczny, funkcjonalny układ, gdzie wiele się dzieje za sprawą żywych organizmów, a szczególnie bakterii. Vernadskij nie znał pojęcia „ekosystem” (powstało dopiero w r. 1935), ale dziś powiedzielibyśmy, że biosfera – to globalny ekosystem. Wydana w Paryżu po francusku książka Vernadskiego uległaby zapomnieniu, gdyby pojęcia tego właśnie w takim, ekologicznym sensie, nie spopularyzował w latach 60 XX wieku amerykański ekolog G.E. Hutchinson. Od tej pory pojęcie biosfery ma zasadnicze znaczenie dla ekologii i jest głównym obiektem zainteresowania biogeochemii.

DOMENA BIOGEOCHEMII: BIOSFERA

- Biosfera: ekosystem globalny
- System dynamiczny (przepływ energii, przemieszczanie mas, praca)
- Procesy abiotyczne (fizykochemiczne)
- Procesy biologiczne (ściśła integracja)
- Chemizm biosfery – wpływ organizmów
- Biosfera: naturalne środowisko człowieka
- Ekologia: nauka o życiu biosfery
- Ochrona środowiska: zastosowanie ekologii

Biosfera jest obiektem badań - domeną biogeochemii. Jest globalnym ekosystemem, czyli dynamicznym układem złożonym w ziele elementów, w którym zachodzą procesy przepływu energii, przemieszczania mas, czyli wykonywana jest praca (w sensie fizycznym). Są w biosferze procesy fizykochemiczne, które miałyby miejsce również gdyby nie było życia na Ziemi – procesy abiotyczne, jak choćby wędrówka kontynentów, prądy morskie, ruchy atmosfery. Równocześnie jednak jest wiele procesów biotycznych, które mogą trwać tylko za sprawą organizmów żywych. Jedne i drugie wzajemnie się przenikają – procesy abiotyczne trwałyby i bez życia, ale wiele z nich przebiegałoby zupełnie inaczej – a z drugiej strony – procesy wynikające z działalności organizmów żywych również uzależnione są od procesów abiotycznych. Cały chemizm biosfery jest ściśle uzależnionych od działalności żywych organizmów.

Musimy pamiętać, że człowiek też jest organizmem żyjącym na Ziemi, i jego naturalnym środowiskiem jest biosfera. Co prawda, w toku ewolucji (mniej więcej ostatniego miliona lat, a szczególnie – ostatnich paru tysięcy lat) ludzie zbudowali cywilizację – inny system, który pośredniczy pomiędzy organizmami ludzi, a przyrodą. Nie ulega jednak wątpliwości, że naturalnym środowiskiem cywilizacji jest biosfera; innymi słowy, ludzie są całkowicie uzależnieni od biosfery, w której nasz gatunek ewoluował i nadal funkcjonuje. Nauka o biosferze to ekologia – której szczegółowym działem jest biogeochemia. Ma to dla nas znaczenie praktyczne, bo ochrona środowiska stosuje to, czego o biosferze dowiaduje się ekologia.



Dziedzina, która się zajmujemy, może być wyodrębniana na różne sposoby i różnie nazywana. Biogeochemia jest nauka interdyscyplinarna – łączy elementy biologii, (ekologii), mikrobiologii, oceanologii, klimatologii, geochemii, w szczególności aspektów historycznych (paleobiologii, paleoekologii, paleoklimatologii itd). Różne odmiany tej dziedziny nazywane bywają np. geomikrobiologią – kiedy nacisk jest na geochemiczne znaczenie mikroorganizmów, albo ekologią globalną (co jednak może być mylące, bo pod tą nazwą bywają rozumiane inne dziedziny), geofizjologią – kiedy podkreśla się znaczenie funkcjonowania biosfery jako swoistego makroorganizmu (to też może być mylące, bo pomiędzy organizmem a ekosystemem jest fundamentalna różnica). Czasem – „geobiologią” – czyli nauką o życiu badanym w skali planetarnej; używana na tym kursie nazwa „biogeochemia” jest neutralna i niesie wszystkie epotrzebne informacje: chodzi o procesy chemiczne, w skali globalnej (geo-), z udziałem żywych organizmów (bio-). W literaturze światowej coraz częściej pojawia się termin „Earth system science”, który też z grubsza odpowiada temu zakresowi.



GEO- MIKRO- BIOLOGIA:

JAK
MIKROORGANIZMY
KSZTAŁTUJĄ
PROCESY
GEOCHEMICZNE

(Newman & Banfield,
2002)

Do niedawna w biologii i ekologii nie doceniano roli, jaką te osobliwe bakterie odgrywają. W podręcznikach ekologii do tej pory najczęściej miejsca zajmują przykłady dotyczące ssaków, ptaków, roślin naczyniowych – z mniejszym udziałem dużych bezkręgowców. Dzięki rozwojowi biogeochemii wiemy już, że daje to fałszywy obraz. Z punktu widzenia funkcjonowania biosfery najważniejsze są organizmy niewidoczne gołym okiem. Stąd coraz większe zainteresowanie mikrobiologią globalno-biogeochemiczną. Na przeźroczu okładka numeru jednego z najważniejszych czasopism naukowych, poświęconego mikrobiologii środowiskowej.

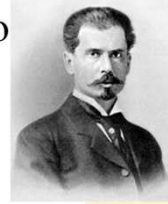
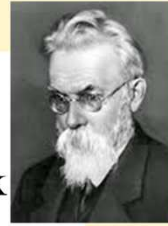
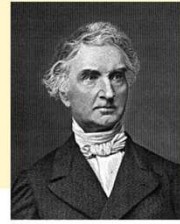
BIOGEOCHEMIA

- nauka zajmująca się rozmieszczeniem i przemieszczaniem się pierwiastków chemicznych w biosferze, przy udziale żywych organizmów.
- wyjaśnia mechanizmy funkcjonowania biosfery w skali globalnej i ekosystemów w skali lokalnej
- znaczenie: ochrona środowiska, gospodarka zasobami naturalnymi

Przypomnijmy zatem, czym zajmuje się biogeochemia.

PREKURSORY

- **Justus Liebig** (1803-1873), chemik
 - („prawo minimum”)
- **Władimir I. Wiernadski** (1863-1945), geochemik
 - (pojęcie biosfery, 1929)
- **Siergiej N. Winogradski** (1856-1953), mikrobiolog
 - (chemosynteza, wiązanie azotu, udział bakterii w krążeniu pierwiastków)
- **James E. Lovelock** (1919 -) i „Hipoteza Gai”
- Współczesna ekologia globalna („geofizjologia”)



Pierwsi nowocześni badacze, którzy zwrócili uwagę na wielkoskalowe procesy w biosferze: Justus Liebig, znany powszechnie jako autor „prawa minimum” zajmował się chemicznym aspektem funkcjonowania organizmów w skali ekosystemu rolniczego. Jego prawo odnosi się również do ekosystemów naturalnych.

Wspomniany już wcześniej W.I. Wiernadski, rosyjski geochemik, przeddefiniował pojęcie biosfery i zapoczątkował badania funkcjonowania globalnego ekosystemu. Inny rosyjski badacz, S.N. Winogradski był odkrywcą jednych z najważniejszych procesów biogeochemicznych, realizowanych przez bakterie: chemosyntezy, wiązania azotu, był pierwszym, który wskazał na rolę bakterii w krążeniu pierwiastków (w skali biosfery). Ci badacze działali na przełomie wieku XIX i XX i w pierwszej połowie wieku XX. Pod koniec XX wieku paradoksalnie duża, pozytywną rolę w rozwoju biogeochemii odegrał brytyjski geochemik J. Lovelock, który w latach 80. zaproponował tzw. Hipotezę Gai, mającą wyjaśnić mechanizmy funkcjonowania biosfery. Ta hipoteza była fundamentalnie błędna (wrócimy do tego pod koniec kursu), spowodowała falę krytyki, ale równocześnie niezwykle skutecznie zwróciła uwagę badaczy na problemy, które przedtem nie były intensywnie badane. M. in. dzięki debatom na temat Hipotezy Gai mamy współczesną „ekologię globalną”, czy też – jak kto woli „geofizjologię, „geobiologię” czy biogeochemię.



Zanim przejdziemy do głównych wątków tego kursu, musimy wyjaśnić zwięźle o co chodzi w drugim fundamentalnym założeniu tego kursu: że biogeochemia jest częścią ekologii – czyli programu badawczego biologii, a biologia należy do nauk (*science*) o specyficznej metodologii, której zawdzięcza niezrównaną wiarygodność. Na czym polega metoda naukowa? Kiedy pada to sformułowanie odruchowo przychodzi nam na myśl laboratorium wypełnione skomplikowaną aparaturą. Ale nie w tym rzecz. Aparatura – to sprawa szczegółowych metod badawczych. Metodologia – to dziedzina filozofii poznania, epistemologii, dekretująca jedyne poprawne sposoby obserwacji realnego świata, stawiania poprawnych hipotez i poprawnego ich testowania oraz wyciągania uogólniających wniosków. Dzięki zastosowaniu tych rygorów metodologicznych nauki (*science*) osiągają niedościgny poziom wiarygodności swych ustaleń.

Metodologia nauk przyrodniczych powinna być osobnym, pełnowymiarowym kursem na wszystkich uniwersyteckich kierunkach przyrodniczych. Niestety, nie jest. W ramach tego kursu można tylko w największym skrócie, na prostych przykładach, przekazać zarys tego o co chodzi.

Metoda naukowa

Nauki eksperymentalne (przyrodnicze, ścisłe) hipotetyczne, ale maksymalnie wiarygodne!

- Obserwacja – powtarzalne wzorce
- Hipotezy wyjaśniające (modele)
- Testowanie hipotez
- Hipotezy umocnione
- Uogólnione hipotezy: teorie
- Umocniona teoria: „paradygmat”
- Testowanie teorii:
 - Program badawczy
 - Zastosowania

W największym skrócie, proces badawczy w naukach przyrodniczych zaczyna się od obserwacji jakiegoś fragmentu rzeczywistości przyrodniczej, która prowadzi do wykrycia wzorców (*patterns*) – zjawisk powtarzalnych w czasie lub przestrzeni, których konfiguracja wydaje się nieprzypadkowa. Metody statystyczne pozwalają zbadać, czy rzeczywiście zauważone wzorce nie są przypadkowe, warunkiem zaliczenia obserwacji do nauki (*science*) jest możliwość niezależnego powtarzania obserwacji przez wielu obserwatorów. Sensem badań naukowych jest wyjaśnianie – czyli ustalenie związków przyczynowo-skutkowych, stojących za obserwowanymi wzorcami. Znajomość związków przyczynowo skutkowych pozwala przewidywać, jak zachowa się obserwowany układ w danych warunkach. Pierwszym krokiem w wyjaśnianiu obserwowanych zjawisk jest zgadywanie – mówiąc uczenie – stawianie hipotez, czyli tymczasowych prób wyjaśnienia, zwykle na kilka różnych sposobów (stawianie hipotez alternatywnych). Rygorystyczna metodologia nauki nie ogranicza tu fantazji badacza, pod warunkiem, że proponowane hipotezy będą logicznie niesprzeczne i będzie można poddać je testom (sprawdzić, czy rzeczywiście dobrze przewidują zachowanie badanego systemu w konkretnych, kontrolowanych warunkach). Procedura taka nazywa się falsyfikacją – zwykle testy prowadzą do odrzucenia wszystkich poza jedną hipotez wyjaśniających, i taka hipoteza nosi nazwę hipotezy umocnionej; zachowuje jednak status hipotezy tymczasowej – żadne testy nie mogą dowieść absolutnej słuszności danej hipotezy, proces generowania i testowania nowych hipotez może trwać bardzo długo. Jeżeli jednak wiele umocnionych hipotez zgodnie wyjaśnia całą klasę obserwowanych zjawisk, można je uogólnić, tworząc hipotezę wyższego rzędu,

którą nazywamy teorią. Teorie stanowią główny zrąb nauk przyrodniczych. Ustawiczny proces ich testowania prowadzi do tego, że przyjęty system teorii w danej dziedzinie jest spójny, skutecznie (z małym prawdopodobieństwem błędu) przewidują zachowanie obiektów, których dotyczą – umożliwiając tym samym zastosowania praktyczne: każde zastosowanie – budowa nowego urządzenia, wyprodukowanie nowego leku – jest również kolejnym testem sprawdzającym wiarygodność teorii danej dziedziny nauki. Najogólniejsze, najbardziej umocnione teorie uzyskują status „paradygmatu” – teorii, której przypisujemy najwyższą wiarygodność, spodziewamy się, że każda obserwacja sprzeczna z przewidywaniem paradygmatycznej teorii jest najprawdopodobniej błędna. Ale w naukach przyrodniczych nawet paradygmatyczne teorie nie są uważane za prawdy absolutne: są to tylko tymczasowe uogólnienia, jak dotąd najlepiej ze wszystkich wyjaśniające wielką liczbę rozmaitych obserwacji.

Hipotezy i teorie czasem mają postać werbalnych sformułowań, w naukach przyrodniczych często opis słowny jest niesprawny lub wręcz niemożliwy i jedynym możliwym sposobem zapisu jest model matematyczny. Zastosowanie matematyki gwarantuje precyzję i jednoznaczność.

Badania prowadzone w każdej dziedzinie nauki (*science*) ustawicznie testują przyjęty system teoretyczny i poszerzają możliwości jego zastosowania do coraz nowych obserwowanych układów. W biologii, główną, paradygmatyczną teorią jest teoria ewolucji drogą doboru naturalnego (rozwinęta i zmodyfikowana teoria Darwina). Teoria ta dotyczy wszystkich przejawów życia na Ziemi – wszystkie szczegółowe teorie muszą być z nią zgodne, albo musiałyby doprowadzić do jej obalenia (na co się nie zanosi). W ramach biologii – nauki o życiu – wyodrębnia się węższe dziedziny, ze względu na wybrane obiekty i dotyczący ich węższy system teorii. Takie dziedziny można nazwać programami badawczymi – np. ekologia jest programem badawczym biologii, a biogeochemia – programem badawczym w obrębie ekologii.

Na przykład: kulistość Ziemi



- Obserwacja: płasko!
 - Wyjaśnienie *ad hoc*: żółw na 4 słoniach itd.
- Ale: kolisty horyzont!
 - HIPOTEZA: ograniczony promień widzenia
 - HIPOTEZA ALTERNATYWNA: kula
 - TESTY:
 - Daleki widok okrętów
 - Podróż dookoła świata
 - PROGRAM BADAWCZY: Pomiar promienia
 - PARADYGMAT: Ziemia jest kulą
 - PROGRAM BADAWCZY: Dokładny kształt Ziemi

Przedstawmy działanie tego schematu metodologicznego na przykładzie. Zaczniemy od problemu ustalenia kształtu Ziemi. Przykład niby banalny, ale postawmy się w miejscu obserwatorów sprzed 3 tysięcy lat! – wtedy kształt Ziemi był frapującą zagadką.

Na pierwszy rzut oka, nasze codzienne doświadczenie sugeruje, że Ziemia jest płaska. Można do tej obserwacji proponować rozmaite hipotezy i modele – jak choćby ta, o żółwiu stojącym na 4 słoniach.

Ale są inne obserwacje: kolisty horyzont. Jak to wytłumaczyć? może – ograniczony promień widzenia (na przykład - wzrok sięga . tylko na 5 km). Alternatywnie – może Ziemia jest kulą? Można teraz sprawdzić te hipotezy – bo obie są testowalne. Hipoteza o kulistym kształcie Ziemi przetrwa wiele testów – jak choćby podróż dookoła świata. To, że Ziemia jest kulą - stało się paradygmatem. Ale można rozwijać dalsze programy badawcze: na przykład – zmierzyć promień tej kuli (to się udało już w starożytności – Eratostenes dokonał tego pomiaru ponad 2000 lat temu!). Ale im dokładniejsze pomiary – tym więcej dowodów, że paradygmat o kulistości Ziemi nie jest ścisły – Ziemia ma inny kształt, tylko zbliżony do kuli. Kolejny program badawczy (trwający do tej pory) zajmuje się ustaleniem dokładnego kształtu globu ziemskiego – program finansowany zresztą z funduszy militarnych, bo dokładna znajomość kształtu Ziemi poprawia celność pocisków międzykontynentalnych.

Na przykład: ocieplenie globalne

- Obserwacja: ociepla się (?)
- Obserwacja: wzrasta zawartość CO₂
- Hipoteza: efekt cieplarniany!
- Wyjaśnienie *ad hoc*: człowiek powoduje zmianę klimatu
- TESTY: w toku; umocnione hipotezy
- Ogólna teoria, zastosowania praktyczne – NIEPRĘDKO!

Rozpatrzmy inny przykład, bliski dziedzinie biogeochemii: ocieplenie globalne. Obserwacje sugerowały stałą tendencję do ocieplania klimatu Ziemi. Przez pewien czas nie było pewności, czy to prawda. Obecnie potwierdzono bezspornie tę obserwację dzięki nagromadzeniu wielu powtórzonych pomiarów. Równocześnie nagromadziły się liczne, nie pozostawiające żadnych wątpliwości obserwacje wzrostu stężenia dwutlenku węgla w atmosferze.

Zaproponowano zatem hipotezę wyjaśniającą te obserwacje: ocieplenie jest wynikiem tzw. efektu cieplarnianego (znane są fizyczne podstawy tego zjawiska; sam efekt cieplarniany jest dobrze wyjaśnionym faktem, polega na różnej absorpcji energii promieniowania przez mieszaninę gazów, zależnie od długości fali: promieniowanie krótkofalowe, w zakresie widzialnym jest absorbowane w niewielkim stopniu; długofalowa – podczerwień – w znacznym. Jeżeli promieniowanie w zakresie widzialnym przejdzie – niezatrzymane przez warstwę gazów i dotrze do powierzchni absorbującej, tylko niewielka część zostanie odbita i niezatrzymana przez warstwę gazów i ulegnie rozproszeniu. Znaczna część zostanie zaabsorbowana, zamieniona w ciepło i spowoduje podwyższenie temperatury powierzchni absorbującej, skutkiem czego wydzieli się promieniowanie cieplne – długofalowe, w zakresie podczerwieni. Ale to promieniowanie nie przejdzie przez warstwę gazów – zostanie zaabsorbowane i podniesie temperaturę mieszaniny gazów. W atmosferze ziemskiej wszystkie gazy wchodzące w jej skład są przezroczyste dla promieniowania w zakresie widzialnym, ale niektóre z nich – CO₂, CH₄ para wodna H₂O – nie przepuszczają promieniowania cieplnego. Zatem od zawartości tych gazów zależy siła „efektu cieplarnianego”). Nasuwa to dalsze hipotezy ”*ad hoc*”:

zwiększenie stężenia zawartości CO₂ jest skutkiem działalności człowieka, zatem – człowiek powoduje zmianę klimatu. Ale można stawiać hipotezy alternatywne: może zwiększenie zawartości CO₂ jest wynikiem ocieplenia? Tu również można powołać się na znane mechanizmy fizykochemiczne. Poprawna metodologia – po doprecyzowaniu modeli, przy pomocy których formułuje się hipotezy, przytoczone tutaj w uproszczonej wersji werbalnej – wymaga, aby poddać je testom. Ten program badawczy trwa od wielu lat, generowane są i sprawdzane liczne hipotezy szczegółowe, obecnie wydaje się, że uogólniona teoria rzeczywiście wskaże na działalność człowieka jako źródło globalnych zmian klimatu (już wiadomo, że nazywanie ich „ociepleniami” jest uproszczeniem). Kolejnym etapem powinno być zastosowanie zdobytej wiedzy teoretycznej w praktyce – aby zapobiegać niekorzystnym dla człowieka zmianom w biosferze. Ale do rozwiązania tych problemów jeszcze daleko. Ważne jest jednak, aby rygorystycznie stosować poprawną metodologię – generować poprawne logicznie hipotezy, testować je w rozstrzygających, powtarzalnych eksperymentach i obserwacjach, nie ulegać natomiast naciskom grup ludzi zainteresowanych takim lub innym praktycznym działaniem, nie dawać wiary opiniom wygłaszanym bez wsparcia poprawnymi metodologicznie badaniami.

QUIZ

Odpowiedz (TAK lub NIE na następujące pytania – ale wiedząc dlaczego tak odpowiadasz!)

- Czy efekt cieplarniany w atmosferze Ziemi jest faktem?
- Czy zmiany klimatu spowodowane są zwiększoną emisją CO₂ przez człowieka?
- Czy mają rację politycy negujący konieczność ograniczenia emisji CO₂?

Na pierwsze pytanie można z pewnością odpowiedzieć: tak! Nauka (science) już dawno ustaliła i wyjaśniła mechanizmy wszystkich zjawisk składających się na efekt cieplarniany: właściwości absorpcyjne różnych gazów, bilans promieniowania w układach złożonych z warstwy mieszaniny gazów i powierzchni absorpcyjnej, przy różnej długości fal promieniowania. To zjawisko jest powszechnie i uniwersalne, w atmosferze Ziemi efekt cieplarniany zawsze występował, ale jego natężenie ulegało zmianom – zależni od zawartości gazów absorbujących promieniowanie długofalowe.

Odpowiedź na drugie pytanie również może być twierdząca, ale mniej zdecydowanie. Owszem, nauka potrafi odpowiedzieć na to pytanie, ale tu mamy do czynienia ze skomplikowanym układem – wielu źródeł różnych gazów, których intensywność zależy m. in. od temperatury, toteż ustalenie, w jakim stopniu wzrost zawartości CO₂ w atmosferze (fakt bezsporny) wynika z działalności człowieka wymaga skomplikowanych badań, które są od dawna prowadzone. Dziś już wiemy, że wiele danych wspiera hipotezę, że to człowiek odpowiada za przyrost zawartości CO₂, w efekcie zwiększając intensywność efektu cieplarnianego i zmiany klimatu.

Natomiast trzecie pytanie – w ogóle nie należy do domeny nauki: to pytanie o wartości – ekonomiczne, etyczne, estetyczne, autoteliczne. Czego chcemy? Co nam się opłaca? Co nam się podoba? Na czym nam najbardziej zależy? Nauka może nam tylko podpowiedzieć, jakie będą najprawdopodobniejsze skutki takiej lub innej decyzji. Ale to, która decyzja jest „dobra”, a która „zła” – zależy od hierarchii wartości, jakimi się kierujemy. Polityk negujący konieczność ograniczenia emisji CO₂ może to uzasadnić rozmaicie, np. że jego krajowi

ocieplenie globalne przyniesie korzyści (bo np. ustąpi wieczna zmarzlina, odsłaniając zasoby ropy i gazu), a inne kraje nic go nie obchodzą; albo że jego kraju nie stać na zmianę głównego źródła energii, jakim jest węgiel, a w dodatku wiadomo, że inne wielkie kraje też nie zmniejszą emisji, więc po co tracić miliony, skoro to i tak nie pomoże. Są to argumenty uczciwe, chociaż dla wielu innych ludzi mogą być nie do przyjęcia – ze względu na inną przyjmowaną hierarchię wartości. Natomiast uzasadnianie takiego wyboru twierdzeniem, że naukowcy się mylą, bo ocieplenia globalnego nie ma, albo, że nie jest ono wynikiem efektu cieplarnianego, a jeżeli nawet – to zwiększenie ilości gazów cieplarnianych nie wynika z działalności człowieka – to są argumenty albo nieuczciwe, albo wynikające z głupoty. W nauce, nawet jeżeli w początkowym okresie badań jakiegoś zjawiska, proponowane są różne, wzajemnie sprzeczne hipotezy, to prędzej czy później tylko jedna grupa hipotez (teoria) przetrwa wszystkie próby falsyfikacji i okaże się najlepiej wyjaśniającą związki przyczynowo-skutkowe (a więc pozwalającą na najbardziej wiarygodne przewidywania).

WYMAGANIA METODOLOGII NAUK:

- POWTARZALNOŚĆ OBSERWACJI
- TESTOWALNE HIPOTEZY
- EKSPERYMENT LUB KONTROLOWANA OBSERWACJA

RZECZYWISTOŚĆ BIOGEOCHEMII:

- TYLKO JEDEN OBIEKT
- SKALA PRZESTRZENNA OGROMNA
- SKALA CZASOWA ZJAWISK POZA ZASIĘGIEM BADAŃ

RATUNEK:

- WZORCE POWTARZALNE W CZASIE [*PALEO... (...BIOLOGIA ...EKOLOGIA ...BIOGEOCHEMIA)*]
- WZORCE POWTARZALNE W PRZESTRZENI [*GLOBALNE... ZMIANY ... PODEJŚCIE BADAWCZE*]

Poprawną metodologię nauk przyrodniczych łatwiej stosować do obiektów, i zjawisk, których skala przestrzenna i czasowa jest niewielka, dla których łatwo nagromadzić powtórzone obserwacje i wielokrotnie powtórzyć testujące kolejne hipotezy eksperymenty. Takim komfortem dysponują np. fizjolodzy czy biolodzy molekularni. W ekologii globalnej i biogeochemii mamy do czynienia z jednym tylko obiektem – ziemską biosferą; obiekt ten ma ogromną skalę przestrzenną, a przebiegające procesy odbywają się w ogromnej rozpiętości czasowej. Nie ma mowy o powtarzaniu wielokrotnych, niezależnych obserwacji i eksperymentów. Sposobem dla zachowania rygoru metodologii nauk przyrodniczych w tej sytuacji jest sięgnięcie do przyrodniczych nauk historycznych, (paleobiologii, paleoekologii, paleochemii itd). dzięki którym można prześledzić podobne zjawiska powtarzające się w czasie na przestrzeni milionów, a nawet miliardów lat. Również w całej przestrzeni Ziemi można dokonywać niezależnych, lokalnych obserwacji w różnych miejscach i porównywać ich wyniki. Tym niemniej, dociekania naukowe w tej dziedzinie są na ogół długotrwałe i bardzo kosztowne, toteż postęp jest wolniejszy niż w innych naukach przyrodniczych.

Pragmatyka naukowa

- Konkurs projektów badawczych (recenzje)
- Konkurs publikacji naukowych (recenzje)
 - Czasopismo naukowe
 - Krytyka naukowa
 - Uogólnianie: monografie, podręczniki
- *Alternatywa nauki:*
 - *Ekspertyzy na zlecenie (z zadaniem wnioskiem)*
 - *Biuletyn wewnętrzny*
 - *Książka nierecenzowana (wydawnictwo garażowe)*
 - *Artykuły w gazetach, komentarze w telewizji*

Bezkonkurencyjna wiarygodność nauk (*science*) opiera się nie tylko na dyscyplinie metodologicznej, ale także na pragmatyce uprawiania tych nauk, która wymusza wielokrotną, rygorystyczną „kontrolę jakości”. Po pierwsze, badania w naukach przyrodniczych są na ogół dość kosztowne, rozpoczęcie każdego nowego tematu wymaga więc zagwarantowania odpowiednich środków, a pieniędzy na badania zawsze jest mniej, niż badacze gotowi byłiby wydać. Współczesna pragmatyka wymaga od badacza, aby wystąpił o dotację przedstawiając precyzyjny plan badań, zawierający teoretyczne uzasadnienie podjęcia danej tematyki i sformułowanie hipotez, opis metod, jakimi badacz zamierza się posługiwać, i przedstawienie, jak spodziewane rezultaty mogą wpłynąć na rozwój danej dziedziny. Takie projekty poddane zostają krytycznej ocenie przez innych naukowców, pracujących w danej dziedzinie i stają do konkursu. Dotacje („granty”) zdobywa na ogół nie więcej niż 1 na 4 składane projekty. Ta procedura pozwala wyeliminować już na wstępie pomysły oparte na błędnych przesłankach, nie wnoszące nic nowego do nauki lub nierealistyczne. Ale to dopiero początek drogi. Projekty sfinansowane muszą być uwieńczone opublikowaniem wyników w jedyny dopuszczalny sposób – w renomowanych czasopismach naukowych o międzynarodowym zasięgu. Wymaga to, po pierwsze, aby prace były napisane po angielsku. Dzięki temu redakcja czasopisma może skierować maszynopis do recenzentów – badaczy zajmujących się podobną tematyką w dowolnym miejscu na Ziemi, a ci postarają się starannie zbadać, czy praca warta jest opublikowania: czy badania wykonano poprawnymi metodami, czy wyciągnięto poprawne wnioski, czy zastosowane procedury opisano wystarczająco dokładnie, aby każdy (kto potrafi) mógł powtórzyć te

same badania, czy wnioski są na tyle istotne dla nauki, aby warto je było publikować. Tu również jest konkurs – w najlepszych czasopismach szansa sukcesu rzadko przekracza 20%, sito recenzentów jest bardzo szczelne. Ta pragmatyka nie jest oczywiście idealna – zdarzają się pomyłki na wszystkich etapach, zdarza się, że dobry projekt nie dostaje dotacji, a cenna publikacja nie zostaje wydrukowana (często – jedno i drugie udaje się dopiero po kolejnej próbie). Znacznie rzadziej jednak się zdarza, aby słaby projekt został sfinansowany, a bezwartościowe lub błędne wyniki trafiły na łamy miarodajnych czasopism. Pragmatyka nauki (*science*) jest więc systemem samodoskonalącym, dzięki któremu możliwy jest nieprzerwany postęp nauki i oszałamiające sukcesy zastosowań praktycznych.

Na marginesie nauki istnieje jednak margines patologii, który może w dotkliwy sposób hamować rozwój, wprowadzać zamęt do życia społecznego. Niestety, margines ten bywa dość szeroki w dziedzinach silnie powiązanych z ekonomią i polityką, a do takich należy m.in. ekologia i biogeochemia.

Wyniki rzetelnych badań bywają czasem niejednoznaczne (zwłaszcza w początkowych etapach, a w tych naukach cykle badawcze są bardzo długie), często prowadzą do wniosków praktycznych, które naruszają czyjeś interesy, niekiedy pozostają w sprzeczności z postulatami wynikającymi z ideologii i wierzeń. Powstaje wówczas popyt na produkcję pseudonauki, która zadowalałaby tych, którym rzetelna nauka nie odpowiada. Pseudonaukowe, nierzetelne wypowiedzi bywają bardzo umiejętnie ucharakteryzowane na prawdziwe publikacje i opinie naukowe. Jedną z najważniejszych umiejętności, jaką powinien nabyć adept nauk przyrodniczych, jest więc umiejętność odróżniania ziarna od plewy, rzetelnej nauki o szalbierstwa. To wymaga wprawy. W pierwszej kolejności nauczyć się rozpoznawać prawdziwe publikacje naukowe. Nie są nimi żadne ekspertyzy wykonywane na zlecenie (nie wszystkie ekspertyzy są nierzetelne, ale żadne nie są źródłem informacji naukowej z pierwszej ręki), nie są publikacjami naukowymi wewnętrzne biuletyny wydawane przez instytucje badawcze, nie trafiające do międzynarodowego obiegu i nie poddawane powszechnej krytyce, nie mają waloru miarodajnej publikacji książki wydawane przez nieznaną wydawców, bez procedury wstępnego krytycznego recenzowania, z definicji nie są informacją naukową artykuły w gazetach, oświadczenia na konferencjach prasowych, telewizyjne komentarze, ani zdecydowana większość tego, co można znaleźć w internecie.

Nauki podstawowe, stosowane i technika:

- **Ekologia (w tym: biogeochemia):**
 - **Nauka** podstawowa o funkcjonowaniu biosfery; nauka stosowana w ochronie środowiska i ochronie przyrody
- **Ochrona środowiska:**
 - **Praktyka** ochrony środowiska człowieka
- **Ochrona przyrody**
 - **Praktyka** ochrony różnorodności biologicznej biosfery

Opisane wyżej metodologia i pragmatyka nauk dotyczą wyłącznie nauk podstawowych (*science*), inne obszary działalności poznawczej i twórczej podlegają innym kryteriom oceny jakości i znaczenia. Ekologia (w tym biogeochemia) należą do domeny *science*: jest to nauka podstawowa o funkcjonowaniu biosfery. Wyniki osiągnięte w obrębie nauki podstawowej mogą znaleźć zastosowanie w dziedzinach praktycznych: ochrony środowiska człowieka i ochrony przyrody.

- **Lektury dodatkowe:**

- metodologia nauk

- ŻiEB: rozdz. 1.2;

- Wikipedia;

- A. F. Chalmers, „Czym jest to, co zwiemy nauką?”. Siedmioróg, 1993 (– fragmenty udostępnione na stronie kursu)

