

MAJA JERZAK

Instytut Ekologii i Bioetyki, Instytut Filozofii, UKSW, Warszawa

PIOTR ORZESZEK

Instytut Filozofii, UKSW, Warszawa

Specyfika metod badawczych w Ochronie Środowiska

Słowa kluczowe: Ochrona Środowiska, metody badawcze, metodologia Ochrony Środowiska, specyfika metod badawczych, metodyka referencyjna

Key words: Environmental Protection, research methods, methodology of Environmental Protection, reference methodics

Wprowadzenie

Naturę danej nauki determinuje określenie przedmiotu, aspektu, celu i jej metody. Wpierw więc należy określić przedmiot, czyli to, co dana nauka bada oraz aspekt w jakim ów przedmiot ujmuje. Kolejno określany jest cel przedmiotowy uprawiania danej nauki i jej metoda, która wyznacza dyrektywy czyli reguły postępowania. Według Tadeusza Kotarbińskiego metoda naukowa jest to sposób systematycznie stosowany czyli dobór i układ czynności przyporządkowany określonej celowi i nadający się do wielokrotnego stosowania (Por. Kotarbiński 1957). Aby móc mówić o nauce *sensu stricto* winna być w niej jasno określona metoda postępowania badawczego.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie metod badawczych stosowanych w Ochronie Środowiska.

Status metodologiczny Ochrony Środowiska

Dnia 1 października 2011 weszło w życie rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 8 sierpnia 2011 r. w sprawie obszarów wiedzy, dziedzin nauki i sztuki oraz dyscyplin naukowych i artystycznych. Rozporządzenie to ustala wykaz obszarów wiedzy, dziedzin nauki i sztuki oraz dyscyplin naukowych i artystycznych umieszczając Ochronę Środowiska w trzech obszarach wiedzy (nauk ścisłych, nauk przyrodniczych oraz nauk rolniczych, leśnych i weterynaryjnych), tym samym przyznając jej status dyscypliny naukowej. W ramach obszaru nauk ścisłych Ochrona Środowiska została zakwalifikowana jako nauka należąca do dziedziny nauk chemicznych między innymi z biochemią, biotechnologią, chemią. Natomiast w zakresie obszaru nauk przyrodniczych Ochronę Środowiska zakwalifikowano do dziedziny nauk biologicznych, wraz z biologią, biofizyką i ekologią. W obszarze nauk rolniczych, leśnych i weterynaryjnych Ochrona Środowiska znalazła się w dziedzinie nauk rolniczych. Dokładny wykaz obszarów wiedzy, dziedzin nauki oraz dyscyplin naukowych w omawianym zakresie przedstawiono w tabeli poniżej

obszar nauk ścisłych	dziedzina nauk matematycznych	1) matematyka 2) informatyka
	dziedzina nauk fizycznych	1) astronomia 2) biofizyka 3) fizyka 4) geofizyka
	dziedzina nauk chemicznych	1) biochemia 2) biotechnologia 3) chemia 4) ochrona środowiska 5) technologia chemiczna

obszar nauk przyrodniczych	dziedzina nauk biologicznych	1) biochemia 2) biofizyka 3) biologia 4) biotechnologia 5) ekologia 6) mikrobiologia 7) ochrona środowiska
	dziedzina nauk o Ziemi	1) geofizyka 2) geografia 3) geologia 4) oceanologia
obszar nauk rolniczych, leśnych i weterynaryjnych	dziedzina nauk rolniczych	1) agronomia 2) biotechnologia 3) inżynieria rolnicza 4) ochrona i kształtowanie środowiska 5) rybactwo 6) technologia żywności i żywienia 7) zootechnika
	dziedzina nauk leśnych	1) drzewnictwo 2) leśnictwo
	dziedzina nauk weterynaryjnych	

Tabela 1. Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie obszarów wiedzy, dziedzin nauki i sztuki oraz dyscyplin naukowych i artystycznych (B).

Długo oczekiwane nadanie statusu odrębnej dyscypliny naukowej Ochronie Środowiska nie rozwiązało problemu nieuporządkowania i braku ujednoczenia metodologii owej nauki. Zakwalifikowanie Ochrony Środowiska do odrębnych obszarów nauki jeszcze bardziej niż dotąd uwidocznili jej wieloobszarowość, brak jednolitej metodologii jak również zróżnicowanie metod badawczych.

Należy zaznaczyć, że obecnie obowiązujący w Polsce podział dziedzin i dyscyplin naukowych zupełnie nie odzwierciedla podziału wprowadzonego w krajach wysoko rozwiniętych przez ogólnosiwiatową Organizację Współpracy Gospodarczej i Rozwoju - OECD. Przyjęty przez OECD podział dyscyplin naukowych umieszcza Ochronę Środowiska tylko w jednej dziedzinie nauk przyrodniczych - dziedzinie Nauk o Ziemi (Earth and related Environmental sciences) (Web-01). Jednocześnie trzeba zauważyć, że status dyscypliny naukowej Ochronie Środowiska OECD przyznała już dawno.

Nie dziwi więc fakt, że wielu zagranicznych specjalistów z tej dziedziny cechuje podejście holistyczne, podczas gdy w świecie naukowym w Polsce występuje daleko posunięta specjalizacja. Do tej pory studia w zakresie Ochrony Środowiska kończyły się co najwyżej na poziomie magisterskim, a osoby chętne do dalszego zdobywania wiedzy i rozwijania swoich umiejętności kontynuowały naukę na poziomie studiów doktoranckich wybierając pokrewne dziedziny takie jak biologia, chemia czy filozofia. Sytuacja ta wpłynęła niekorzystnie na rozwój Ochrony Środowiska, gdyż uprawianie tej nauki na wyższym poziomie nie było możliwe w ramach obowiązującej struktury instytucji naukowych. Stało się to przyczyną redukcjonizmu polegającego na postrzeganiu Ochrony Środowiska w świecie naukowym zawsze z perspektywy którejś z nauk szczegółowych - chemii, biologii i innych.

Metody badawcze oraz ich specyfika

W odniesieniu do omawianej dyscypliny analogiczny stopień specjalizacji i niejednorodności cechuje wykorzystywane w niej metody badawcze. Ochrona Środowiska posługuje się metodami wypracowanymi przez inne nauki, w szczególności nauki empiryczne takie jak chemia, fizyka, biologia, itd.. Jednocześnie nie ogranicza się do wykorzystywania metod empirycznych, lecz korzysta również z metod humanistycznych, filozoficznych i systemowych na co wskazuje Józef Marceł Dołęga (Dołęga 1998: 43-54). Przyjmując jako kryterium strukturę, można natomiast wyróżnić obok metod empirycznych metody statystyczne oraz indukcyjne.

Z uwagi na to, iż metody badawcze Ochrony Środowiska są w większości metodami empirycznymi, skoncentrujemy się głównie na nich.

Do podstawowych metod empirycznych stosowanych w Ochronie Środowiska zaliczyć należy: obserwację bezpośrednią za pomocą naturalnych władz poznawczych oraz obserwację pośrednią wykorzystującą skomplikowaną aparaturę badawczą (Dołęga 1998: 43).

Ze względu na brak pełnej klasyfikacji spełniającej warunki poprawności podziału logicznego możliwe jest jedynie wymienienie wybranych metod badawczych w celu zobrazowania ich różnorodności i określenia specyfiki:

- metody spektroskopowe
 - spektroskopia UV-Vis
 - spektroskopia w podczerwieni (IR)
 - spektrometria Jądrowego Rezonansu Magnetycznego (NMR)
 - spektrometria masowa
 - analiza chromatograficzna z detekcją spektroskopową
- metody elektrochemiczne
- metody chromatograficzne
 - chromatografia cieczowa (HPLC)
 - chromatografia gazowa (GC)
 - chromatografia cienkowarstwowa (TLC)
 - chromatografia z wykluczeniem (size exclusion chromatography, SEC)
- metody radiacyjne
- metody aktywacyjne
 - aktywacja neutronowa
- metody objętościowe
- metody mikroskopowe
 - mikroskopia optyczna
 - mikroskopia elektronowa
 - skaningowa mikroskopia protonowa
 - mikroskopia tunelowa

Przedstawiony spis metod badawczych nie stanowi bynajmniej kompletnej klasyfikacji używanych metod. Z uwagi na wieloobszarowość Ochrony Środowiska stworzenie pełnego, spiętrzonego podziału lo-

gicznego metod badawczych wydaje się być niezwykle trudne. Wykaz ten pomaga jednak wskazać istotne cechy charakterystyczne metod jakie wykorzystuje omawiana dyscyplina naukowa. Obraz ten będzie jednak jeszcze pełniejszy, gdy dokona się omówienia wybranych metod badawczych oraz ich zastosowań.

W analizie zanieczyszczeń środowiska są użyteczne metody spektroskopii ramanowskiej i spektroskopii w podczerwieni. Węglowodory wchodzące w skład zanieczyszczonego powietrza mogą być czynnikiem zwiększającym ryzyko zachorowań na nowotwory. Stąd prowadzi się badania ich zawartości w powietrzu wykorzystując do tego celu metodę spektroskopii w podczerwieni. Analizując wykresy widma będące wynikiem tej metody możliwe jest wykrycie nawet śladowych ilości acetylenu, etylenu, dwutlenku siarki czy dwutlenku azotu. Spektrometry rejestrujące widma w podczerwieni dzieli się w zależności od sposobu pomiaru na dyspersyjne i interferometryczne (przeprowadzające analizę furierowską). Spektrometry w podczerwieni rejestrują natężenie promieniowania podczerwonego wychodzącego z badanej próbki i porównują je z natężeniem promieniowania padającego. Logarytm o podstawie dziesiętnej odwrotności stosunku obydwu wspomnianych wartości nazywany jest absorbancją. Zgodnie z prawem Lamberta-Beera absorbancja jest proporcjonalna między innymi do stężenia badanej substancji w próbce. Pozwala to prowadzić bardzo dokładne pomiary ilości substancji w granicach jednej cząsteczki na milion (np. z dokładnością do jednego $\mu\text{g}/\text{kg}$) (Hrynkiewicz 1999: 164-187).

Choć tradycyjne metody analizy spektralnej są bardzo dokładne to jednak ich zastosowanie staje się wysoce niepraktyczne w przypadku zanieczyszczeń atmosfery. Z tego względu często stosuje się spektroskopię optyczną UV-Vis oraz jej odmiany jak chociażby analizę spektralną światła widzialnego. Dzięki tej metodzie zamiast pobierać próbki z interesującego (często trudno dostępnego) obszaru w celu umieszczenia ich w aparaturze wykorzystuje się zjawisko widm absorbcyjnych w atmosferze. Umożliwia to poprzez analizę dochodzących do Ziemi promieni światła widzialnego (Vis) i nadfioletowego (UV) precyzyjne określanie składu atmosfery (Hrynkiewicz 1999: 189-219).

Wyraźnie widać, że metody te są niezwykle szczegółowe i charakteryzuje je wysoki stopień specjalizacji. Specyficzną cechą metod rozważanej dziedziny jest to, iż za pierwsze źródło wiedzy uznaje się w nich bezpośredni kontakt z rzeczywistością.

Jak zauważa Kazimierz Kłósak Ochrona Środowiska nie wychodzi we właściwym sobie poznaniu przyrody poza to, co jest dostępne dla jej metod badawczych, a więc poza sferę zjawisk i wiążących je relacji (Kłósak 1980: 13). Ponadto specyfiką metod badawczych jest wykorzystywanie specjalistycznej aparatury i urządzeń pomiarowych (np.: spektrofotometr, mikroskop elektronowy, pH-metr, sonometr).

Dokładność wykorzystywanych urządzeń badawczych często przekłada się na wartość rezultatów poznawczych. W tym miejscu można odwołać się do konwencjonalistycznej koncepcji faktu, która zakłada, że nie ma nagich faktów, a każdy fakt jest przesiąknięty teorią, a każda teoria zawiera wiele czysto umownych elementów. Budując specjalistyczne urządzenia badawcze zakładamy już pewne podstawy teoretyczne w zakresie interesujących nas zjawisk. Powstaje więc pytanie czy poznajemy sferę zjawisk i wiążących je relacji czy raczej własne konstrukty myślowe. Konwencjoniści przytaczali następujące przykłady w celu zobrazowania powyższego problemu: “Prawa rozchodzenia się i odbijania światła bada się przy pomocy luster i soczewek, ale lustra i soczewki projektuje się już te prawa zakładając” (Heller 2009: 31) jak również “W konstrukcji termometru zakłada się równomierną rozszerzalność rtęci pod wpływem ciepła, ale tę ostatnią wyznacza się przy pomocy termometru” (Heller 2009: 31).

Istotną cechą charakterystyczną jest również to, że ustalone sposoby działania w ochronie środowiska są uregulowane prawnie. Metody właściwe dla dyscypliny jaką jest ochrona środowiska wymienia oraz specyfikę tych metod omawia ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Prawo ochrony środowiska (Dz U nr 62, poz. 627) oraz inne akty prawne, w tym rozporządzenia ministra ochrony środowiska.

Ustawa Prawo Ochrony Środowiska wprowadza pojęcie metodyki referencyjnej czyli „określonej na podstawie ustawy metody pomiarów lub badań, która może obejmować w szczególności sposób poboru próbek, sposób interpretacji uzyskanych danych, a także metodyki mo-

delowania i rozprzestrzeniania substancji oraz energii w środowisku“ (A: art. 3 p. 9). Metodyka referencyjna opisuje w sposób szczegółowy zasadę metody, wymagane odczynniki i aparaturę, oraz wymagany sposób wykonania badania. Poniżej przedstawiono fragment przykładowej metodyki referencyjnej:

“Metodyka wyodrębniania anionowych i niejonowych substancji powierzchniowoczynnych - Wymagany sposób wykonania badania

Do kolby okrągłodennej należy wprowadzić 250 g wyrobu i dodać 1.250 ml etanolu. Zamontować chłodnicę zwrotną i całość ogrzać do wrzenia, stosując łaźnię wodną, a następnie gotować pod chłodnicą zwrotną przez jedną godzinę. Następnie szybko przefiltrować etanolowy roztwór, stosując aparat filtracyjny próżniowy ogrzany uprzednio do temperatury 50°C, zbierając filtrat w kolbie ssawkowej. Przemyć kolbę i filtr próżniowy za pomocą około 200 ml gorącego etanolu, dołączając go do filtratu. Otrzymany filtrat etanolowy odparować do sucha, stosując do tego celu wyparkę obrotową lub inne powszechnie stosowane urządzenie do odparowywania. Operację ekstrakcji należy powtórzyć, jeśli potrzebna jest większa ilość ekstraktu. Suchą pozostałość należy rozpuścić w 5.000 ml wodnego roztworu 2-propanolu. Otrzymany roztwór służy do rozdziału anionowych i niejonowych substancji powierzchniowoczynnych. Roztwór powinien być przechowywany w temperaturze poniżej 5°C” (C, Rozporządzenie zostało uchylone z dniem wejścia Rzeczypospolitej Polskiej do Unii Europejskiej.).

Powszechne stosowanie się do zaleceń zawartych w metodykach referencyjnych jest źródłem standaryzacji. Ułatwia to porównywanie wyników badań. Metodyki referencyjne podane w aktach prawnych określają szczegółowo możliwe lokalizacje punktów pomiarowych, wymagania stawiane badawczym urządzeniom pomiarowym oraz warunki w jakich należy przeprowadzać pomiary. Standaryzacja jest specyficzną cechą metod badawczych w Ochronie Środowiska.

To właśnie dzięki niej możliwe jest ustalanie obowiązujących norm, co ma zasadnicze znaczenie dla zagadnienia monitoringu. Istnieje bowiem nałożony przez ustawę obowiązek cyklicznych badań moni-

toringowych z wykorzystaniem ujednoczonych metod. Państwowy monitoring środowiska stanowi system pomiarów, ocen i prognoz stanu środowiska oraz gromadzenia, przetwarzania i rozpowszechniania informacji o środowisku.

Stosowanie metod badawczych w celach monitoringu wskazuje, że badania w Ochronie Środowiska służą nie tylko celom poznawczym ale przede wszystkim trosce o środowisko oraz nieustannym działaniu na rzecz zachowania równowagi przyrodniczej.

Zakończenie

Specyfikę metod badawczych w Ochronie Środowiska stanowi ich różnicowanie i wieloobszarowość, uregulowanie prawne poprzez metodyki referencyjne, dążenie do powszechnej standaryzacji, korzystanie ze specjalistycznej aparatury badawczej i pomiarowej, jak również to, że za pierwsze źródło wiedzy uznaje się w nich bezpośredni kontakt z rzeczywistością oraz to, że nie służą tylko i wyłącznie naukowym celom poznawczym.

Rozważając problematykę specyfiki metod badawczych w Ochronie Środowiska warto uzmysłowić sobie, że specyfika ta ma swoje źródło w kilku niezależnych od siebie powodach. Z jednej strony przedmiot dyscypliny naukowej jaką jest Ochrona Środowiska stanowi byt materialny, w szczególności zjawiska przejawiające się w otaczającej nas przyrodzie. Dokładnie ten sam przedmiot, a więc zespół empirycznych zjawisk otaczającego nas świata jest obiektem zainteresowania innych nauk szczegółowych, takich jak chemia, biologia czy fizyka. Odmienny jest jednak aspekt ujęcia, a przede wszystkim cel uprawiania omawianej dyscypliny naukowej. Celem bowiem Ochrony Środowiska nie jest tylko i wyłącznie poznanie otaczającego nas świata, ale także jego ochrona i przywracanie stanu równowagi. Stąd też mimo, że Ochrona Środowiska wykorzystuje metody zbliżone z metodami nauk szczegółowych stanowi dyscyplinę w swej istocie odmienną.

Środowisko naturalne jest dobrem wspólnym, dlatego też muszą istnieć pewne uregulowania prawne w zakresie jego ochrony. Niesie to za

sobą konieczność wprowadzania pewnych norm ustawowych dotyczących przeprowadzanych pomiarów czy procedur badawczych.

Otoczająca nas przyroda w sposób bardzo czuły reaguje na wszelkie przejawy destrukcyjnej ingerencji człowieka. Dlatego też istotne jest niezwykle dokładne monitorowanie stanu środowiska, aby móc w porę zapobiec często nieodwracalnym skutkom działalności człowieka. Z tego właśnie powodu aparaturze badawczej i urządzeniom pomiarowym stawiane są wysokie wymagania w zakresie standaryzacji i dokładności pomiarów. Obecnie metody badawcze w Ochronie Środowiska wykorzystują skomplikowany i zaawansowany technologicznie sprzęt elektroniczny. Nie chodzi bowiem o sam proces poznawczy, lecz o ochronę czegoś co możemy niebawem utracić.

Warto w tym miejscu nawiązać raz jeszcze do kwestii wieloobszarności Ochrony Środowiska. Ważne jest, aby dyscyplina naukowa o tak niejednorodnych i zróżnicowanych metodach badawczych była w stanie wypracować jednolitą metodologię oraz mogła podołać stawianym przed nią zadaniom. Jednocześnie istotne jest, aby w procesie tworzenia własnej metodologii Ochrona Środowiska nie utraciła swojego wyjątkowego charakteru, który wyróżnia ją na tle nauk empirycznych.

Bibliografia

Literatura

- Dołęga J. M., 1998, *Człowiek w zagrożonym środowisku*, Wydawnictwo ATK, Warszawa.
Heller M., 2009, *Filozofia Nauki*, Wydawnictwo Petrus, Kraków.
Hryniewicz A. Z. (red.), 1999, *Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
Kłósak K., 1980, *Z teorii i metodologii filozofii przyrody*, Poznań.
Kotarbiński T., 1957, *O pojęciu metody*, PWN, Warszawa.

Akty prawne

- (A) Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska.
(Dz.U.2001.62.627 z dnia 20 czerwca 2001 r.).
(B) Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie obszarów wiedzy, dziedzin nauki i sztuki oraz dyscyplin naukowych i artystycznych.
(Dz.U.2011.179.1065 z dnia 8 sierpnia 2011 r.).

- (C) Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie metodyk referencyjnych badania stopnia biodegradacji substancji powierzchniowoczynnych zawartych w produktach, których stosowanie może mieć wpływ na jakość wód.
(Dz.U.02.196.1658 z dnia 26 listopada 2002 r.).

Witryny internetowe

- (Web-01) *Revised Field of Science and Technology (FOS) Classification in the Frascati Manual*, <<http://www.oecd.org/dataoecd/36/44/38235147.pdf>>, dostęp: 11.10. 2011.

SUMMARY

The article pertains to the methodological status of the Environmental Protection and the specificity of the research methods in this science. The Environmental Protection has recently become a recognized scientific discipline in Poland. As opposed to other European countries, it has been qualified as belonging to three fields of science. The current moment is the time of its formation and development as a scientific discipline. Separating it from other scientific disciplines evokes questions regarding its methodological connections with its mother disciplines. The research methods used in the Environmental Protection are similar to the methods applied in the discipline of chemistry, natural sciences and agriculture. The aforementioned methods possess also other specific features, take the example of the fact that they are regulated by the law and benefit from the technologically advanced examination apparatus. The article describes the selected methods in the Environmental Protection and poses the question regarding the methodology applied in this science.