

**AUTOREFERAT**

*(j. polski)*

dr inż. Henryk Sechman

## AUTOREFERAT

### 1. Imię i Nazwisko

**Henryk Sechman**

### 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

Magister inżynier	06.1987 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie Wydział Geologiczno-Poszukiwawczy Specjalność: geologia złóż ropy naftowej i gazu ziemnego Praca magisterska: „ <i>Litofacjalne uwarunkowania akumulacji naftowych w strefie Abramów-Świdnik</i> ” wykonana pod kierunkiem dr hab. inż. Wojciecha Strzetelskiego (prof. AGH).
1986-1988	06.1988 Międzywydziałowe Studium Pedagogiczne przy Instytucie Nauk Społecznych, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.
Doktor Nauk o Ziemi	01.2004 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Specjalność: geologia złóż ropy naftowej i gazu ziemnego Praca doktorska: „ <i>Wpływ wybranych parametrów środowiska opróbowania na gazowe wskaźniki przypowierzchniowe w prospekcyjnych naftowych badaniach geochemicznych</i> ” wykonana pod kierunkiem dr hab. inż. Wojciecha Strzetelskiego (prof. AGH).

### 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

Zatrudnienie	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Katedra Surowców Energetycznych Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.
Przebieg pracy zawodowej	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska – od 1987 do chwili obecnej, kolejno na stanowiskach: 1.09.1987 – 30.09.1987 – inżynier-stażysta, 1.10.1987 – 11.01.1989 – inżynier, 12.01.1989 – 30.06.89 – geolog, 1.07.1989 – 28.02.1994 – inżynier geolog, 1.03.1994 – 30.09.1996 – specjalista w zawodzie, 1.10.1996 – 30.09.1999 – asystent, 1.10.1999 – 30.09.2004 – wykładowca, 1.10.2004 – do dziś – adiunkt

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego:

**Badanie zmienności przypowierzchniowych wskaźników geochemicznych w aspekcie lokalizacji wglębnych akumulacji węglowodorów.**

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

[S.1] Sechman H., Dzieńiewicz M., 2009. Analiza wyników powierzchniowych badań geochemicznych w transgranicznej strefie Karpat polskich i ukraińskich. *Geologia – kwartalnik AGH*, 35, 4, 109-127.

[S.2] Sechman H., Dzieńiewicz M., 2009. Pomiary emisji metanu w wybranych rejonach polskich Karpat zewnętrznych. *Geologia – kwartalnik AGH*, 35, 4, 129-153.

[S.3] Sechman H., Kotarba M.J., Dzieńiewicz M., 2009. Surface geochemical survey at Starunia palaeontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 79, 3, 375–390.

[S.4] Sechman H., Dzieńiewicz, M. 2011. The example of background determination and mathematical processing of data from surface geochemical survey for the purposes of petroleum exploration. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 78, 2, 396-406.

[S.5] Sechman H., Dzieńiewicz, M., Nowicka, A., 2011. Light hydrocarbons in soil gas above prospective oil- and gas-bearing structures: Pomeranian Synclinorium, NW Poland. *Journal of Petroleum Geology*, 34, 4, 365-386.

[S.6] Sechman H., 2012. Detailed compositional analysis of hydrocarbons in soil gases above multi-horizon petroleum deposits - a case study from western Poland. *Applied Geochemistry*, 27, 10, 2130-2147.

[S.7] Sechman H., Dzieńiewicz, M., Liszka, B., 2012. Soil gas composition above gas deposits and perspective structures of the Carpathian Foredeep, SE Poland. *Applied Geochemistry*, 27, 1, 197-210.

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

### **Wprowadzenie**

Wzrastające zapotrzebowanie na surowce energetyczne, a równocześnie wzrost ich cen na rynkach światowych powoduje, że coraz większą uwagę zwraca się na podniesienie efektywności poszukiwań złóż krajowych. Niewątpliwie, obecnie największe znaczenie w poszukiwaniach złóż węglowodorów posiadają metody sejsmiczne, które są w ostatnich latach ciągle doskonalone. Niemniej jednak na świecie stosowane są również niekonwencjonalne metody powierzchniowe, które wspomagają standardowe metody poszukiwania i rozpoznawania złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. Wśród znanych prospekcyjnych, powierzchniowych metod geochemicznych, istotne znaczenie ma metoda

gazu wolnego. W ogólnym zarysie, polega ona na oznaczeniu śladowych ilości węglowodorów gazowych w strefie przypowierzchniowej, które są efektem mikroprzenikania z akumulacji wgłębnych. Należy zaznaczyć, że wykorzystanie tej metody w poszukiwaniach złóż ropy naftowej i gazu ziemnego na świecie przynosi obecnie wymierne efekty w postaci podniesienia trafności wierconych otworów (Schumacher, 2002).

Jednym z długofalowych celów mojej pracy badawczej jest rozpropagowanie i wprowadzenie powierzchniowych badań geochemicznych do zestawu podstawowych metod wspomagających poszukiwania złóż węglowodorów w Polsce. Jednak warunkiem realizacji tego zadania jest ciągłe doskonalenie zarówno stosowanej metodyki, jak również interpretacji wyników badań geochemicznych w celu podnoszenia ich skuteczności w rozpoznawaniu wgłębnych akumulacji węglowodorów. Temu między innymi służą wyniki badań zawarte w przedstawionym przeze mnie zbiorze publikacji. Wspólnym mianownikiem przedstawionych prac, oznaczonych symbolami [S.1], [S.3], [S.4], [S.5], [S.6], [S.7], jest zastosowana w nich, opatentowana metodyka poboru nieskażonych przez atmosferę próbek gazu glebowego (Dzieniewicz & Sechman, 2001, 2002). Jedynie publikacja [S.2] dotyczy metodyki pomiarów emisji, jednak łączy się ona ściśle i jest konsekwencją wyników przedstawionych w pracy [S.1]. Poza tym, wszystkie przedstawione prace łączy fakt, że badania w nich zawarte zostały przeprowadzone na obszarach ropo-gazonośnych, jakkolwiek zróżnicowanych pod względem budowy geologicznej.

Powierzchniowe badania geochemiczne w zastosowaniu do poszukiwań złóż ropy naftowej i gazu ziemnego mają ponad 80-letnią historię (Sechman & Dzieniewicz, 2005). W Polsce zostały zapoczątkowane przez pracowników Zakładu Geoanalitiky Instytutu Naftowego w Krakowie (obecnie: Instytutu Nafty i Gazu) (np. Szura & Klewski 1949; Strzetelski, 1955). W późniejszych latach badania te były kontynuowane w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie przez prof. J. Kuśmierka i rozwijane przez dr. inż. M. Dzieniewicza (np. Dzieniewicz et al., 1978, 1979). Badania te wykonywane były głównie na obszarze polskich Karpat zewnętrznych i miały one charakter szczegółowy. Celem tych badań było rozpoznanie geochemiczne wybranych struktur - potencjalnych obiektów złożowych. Do tej pory nie prowadzono takich badań w skali regionalnej. Dopiero w roku 2007 podjęliśmy takie badania, które były realizowane w ramach międzynarodowego grantu badawczego. W publikacji [S.1] przedstawiłem wyniki tych badań. Były to pierwsze w Europie rekonesansowe powierzchniowe badania geochemiczne. Ich celem była prospekcja naftowa fliszowych jednostek strukturalnych, położonych na obszarze Polski i Ukrainy. Powierzchniowe mikro- i makrowycieki węglowodorów (Kuśmierk & Machowski, 2008)

z jednej strony potwierdzają istnienie procesów wglębnego generowania węglowodorów oraz miejsc ich akumulacji, a z drugiej wskazują na ciągły, powolny proces destrukcji wglębnych nagromadzeń węglowodorów. W związku z tym, określenie ilości węglowodorów uwalnianych współcześnie z jednostki powierzchni orogenu karpackiego może stanowić przyczynek do oszacowania strat ich pierwotnego potencjału węglowodorowego (Kuśmerek et al., 2006). Jest to zadanie niezwykle trudne, jednak wychodząc temu naprzeciw w publikacji [S.2] podjąłem próbę oszacowania ilości metanu aktualnie uwalnianego z jednostki powierzchni orogenu karpackiego w jednostce czasu. W tym celu przeprowadzone zostały badania jego emisji do atmosfery.

Miejsca występowania makrowycieków węglowodorów znane są na świecie od dawna (np. Link, 1952; Kuśmerek & Machowski, 2008). Ich śledzenie stało się pierwowzorem stosowanych obecnie metod geochemicznych. Miejsca naturalnych wycieków ropy naftowej, ze względu na swój unikatowy charakter, zawsze były przedmiotem zainteresowania naukowców. Jednym z takich miejsc jest rejon Staruni (Karpaty Wschodnie, ok. 130 km na SE od Lwowa), który znany jest z występowania solanek, ropy naftowej i wosku ziemnego, ale głównie jako miejsce odkrycia kręgowców czwartorzędowych, w tym prawie kompletnie zachowanego okazu nosorożca włochatego. Jest to unikalny w skali świata okaz, który został zakonserwowany w naturalny sposób dzięki nasyceniu ropą naftową, woskiem ziemnym i solanką (Alexandrowicz, 2005). W roku 2004 oraz w latach 2006-2008 w miejscu tego znaleziska przeprowadzono badania naukowe, których celem było określenie specyficznego środowiska utworów czwartorzędowych oraz uściślenie granic zasięgu występowania „paleobagniska”, które najprawdopodobniej mogło zachować się do czasów współczesnych (Kotarba, 2005, 2009). Będąc w składzie interdyscyplinarnego zespołu naukowców uczestniczyłem między innymi w szczegółowych powierzchniowych badaniach geochemicznych, których celem było okonturowanie zasięgu występowania wglębnych akumulacji węglowodorów gazowych, ciekłych i stałych (ozokeryt) oraz rozróżnienie miejsc dopływu węglowodorów z wglębnych akumulacji od miejsc wzmożonej działalności bakterii metanowych. Analizę wyników szczegółowych powierzchniowych badań geochemicznych, wykonanych w rejonie Staruni, zawarto w publikacji [S.3]. Należy zaznaczyć, że są to jedyne na świecie tak szczegółowe powierzchniowe badania geochemiczne, połączone z analizą składu trwałych izotopów węgla w metanie, etanie, propanie i dwutlenku węgla wykonane w obszarze ropo-gazonośnym, unikalnym w skali światowej.

Natura mikroprzenikania składników gazowych z akumulacji wglębnych do powierzchni jest złożona i skomplikowana. Jest to związane z własnościami migrujących

składników, charakterem nadkładu, a także z fizjografią badanego terenu. Dlatego też przypowierzchniowy obraz geochemiczny jest wypadkową obecności nie tylko wgłębnych akumulacji, lecz również oddziaływania różnorodnych czynników zakłócających. W tym świetle szczególnego znaczenia nabiera odpowiedni sposób opracowywania wyników powierzchniowych badań geochemicznych. Ma on na celu wyznaczenie miejsc występowania podwyższonych wartości stężeń węglowodorów gazowych pochodzących od akumulacji wgłębnych. Zastosowanie podstawowych technik statystycznych pozwala na jakościową i ilościową charakterystykę pomierzonych wielkości stężeń. Jednak dopiero poziom odniesienia (przyjętego tła) decyduje o tym, które stężenia można uznać za anomalne. Iteracyjna metoda wyznaczania wartości tła w zastosowaniu do obróbki wyników powierzchniowych badań geochemicznych stosowanych w prospekcji naftowej została po raz pierwszy przedstawiona przez zespół Saundersa (1991). Jednak zaprezentowana wersja posiada pewne mankamenty, polegające na arbitralnym przyjmowaniu wartości tła po wykonaniu 2-3 kroków iteracyjnych. W związku z tym, w pracy [S.4] wzbogaciłem i doprecyzowałem sposób iteracyjnego określania wartości tła. Na przykładzie danych uzyskanych nad złożem gazu ziemnego Wierzchowice przedstawiłem praktyczne zastosowanie zmodyfikowanej przeze mnie iteracyjnej metody wyznaczania wartości tła. Uzyskane efekty porównałem z rezultatami innych tego typu metod. Iteracyjny sposób wyznaczania wartości tła został również zastosowany przy obróbce statystycznej wyników badań przedstawionych w kolejnych publikacjach [S.5], [S.6] i [S.7]. Składają się one na jedyny w Polsce cykl prac przedstawiających szczegółową analizę wyników powierzchniowych badań geochemicznych, w tym zmiany wielkości anomalnych, sposób ich rozmieszczenia, kontrast w stosunku do przyjętego tła, skład oraz wzajemne stosunki pomiędzy poszczególnymi wskaźnikami w odniesieniu do istniejącego modelu geologiczno – złożowego.

Poza wyznaczeniem anomalnych wartości stężeń alkanów, rutynową praktyką w opracowywaniu wyników jest wykorzystanie współczynników (np.  $C_1/C_2$ ,  $C_1/C_3$ ,  $C_1/C_4$ ,  $C_1/C_2+C_3$ ,  $C_1/\Sigma C_2-C_4$ ,  $C_2/C_3$ ,  $C_2/C_3+C_4$ ) do określenia pochodzenia metanu, a także oceny charakteru wgłębnych nagromadzeń węglowodorów (np. Jones & Drozd, 1983; Gole & Butt, 1985; Jones et al., 2000). W publikacjach przedstawiających wyniki badań przeprowadzonych na obszarze Pomorza Zachodniego [S.5] i monokliny przedsudeckiej [S.6] przeprowadziłem wnikliwą analizę wspomnianych współczynników. Wyniki moich badań w tym zakresie wnoszą nową jakość do sposobu ich interpretacji.

Obok alkanów w gazie glebowym rejestruje się również węglowodory nienasycone, których obecność w strefie przypowierzchniowej jest przedmiotem dyskusji. Niektórzy naukowcy twierdzą, że alkeny powstają wyłącznie w strefie przypowierzchniowej w wyniku reakcji biochemicznych (np. Gole & Butt, 1985; Ullom, 1988; Klusman, 1993). Zatem wielkość stosunku alkany/alkeny uważana jest przez nich za wskaźnik pozwalający na odróżnienie gazów generowanych współcześnie (biogennych) od termogenicznych (Saenz et al., 1991). Inni sugerują, że etylen i propylen może być efektem zarówno biologicznego jak i chemicznego utleniania pewnej części etanu i propanu migrujących z wgłębnych nagromadzeń węglowodorów (Telekina, 1971; Saunders et al., 1999; Jones et al., 2000). Saunders i jego zespół (1999) wysunęli teorię, że relatywnie szybka migracja cząsteczek alkanów wzdłuż spękań i uskoków powoduje, że brak jest odpowiednio długiego czasu do tego aby nastąpiło ich znaczące utlenienie do alkenów. W związku z tym, wysoka wartość współczynnika węglowodorów nasyconych do nienasyconych może wskazywać na relatywnie szybką migrację alkanów z wgłębnych akumulacji do powierzchni (Saunders et al., 1999; Jones et al., 2000; Harbert et al., 2006). Przyjmując za prawdziwą teorię sformułowaną przez zespół Saundersa (1999), w prezentowanych publikacjach [S.5], [S.6] przeprowadziłem analizę statystyczną współczynnika  $C_2H_6/C_2H_4$  (dalej:  $C_2/C_{2=}$ ) w celu oceny charakteru przenikania węglowodorów od akumulacji do powierzchni terenu i wprowadziłem odpowiednie poprawki do rozkładu anomalii powierzchniowych. W dotychczasowej literaturze nie spotkałem zaproponowanego przez mnie praktycznego wykorzystania współczynnika  $C_2/C_{2=}$  do zmodyfikowania rozkładu gazowych anomalii powierzchniowych. W publikacji [S.6], w oparciu o kompleksową analizę współczynników geochemicznych ( $C_1/C_2$ ,  $C_1/C_2+C_3$ ,  $C_1/\Sigma C_2-C_4$ ,  $C_2/C_3$ ,  $C_2/C_3+C_4$ ,  $C_2/C_{2=}$ ), przedstawiłem prawdopodobny model mikroprzenikania węglowodorów z akumulacji wgłębnych do powierzchni terenu. Zastosowana metodyka opracowania i prezentacji wyników, a także wnioski zawarte w publikacji [S.6], mają kluczowe znaczenie dla interpretacji wyników powierzchniowych badań geochemicznych uzyskiwanych w perspektywnych obszarach monokliny przedsudeckiej.

W próbkach gazu glebowego, poza składnikami węglowodorowymi, rejestruje się często obecność wodoru i dwutlenku węgla. Wyniki badań przeprowadzonych na obszarze Radymno-Morawsko (zapadlisko przedkarpackie) wykazały zaskakująco wysokie stężenia tych gazów, przy wyraźnie obniżonych przeciętnych stężeniach metanu.

Z uwagi na poligenetyczny charakter zarówno wodoru jak i dwutlenku węgla (np. Jones & Drozd, 1983; Pirkle & Jones, 1983; McCarthy & Reimer, 1986; Waleńczak, 1987;

Klusman, 1993; Jones & Burtel, 1996; Pallasser 2000; Head et al., 2003; Dolfing et al., 2008) ich obecność w strefie przypowierzchniowej jest trudna do interpretacji. W dotychczasowych publikacjach, ściśle związanych z poszukiwaniami złóż węglowodorów, niektórzy autorzy jedynie sygnalizują obecność wodoru w składzie gazu glebowego (np. Harbert et al., 2006), nie próbując określać jego związku z innymi składnikami. W oparciu o przedstawione fakty należy stwierdzić, że określenie pochodzenia podwyższonych stężeń wodoru i dwutlenku węgla w strefie przypowierzchniowej na obszarze Radymno-Morawsko jest niezwykle skomplikowane i wymaga przeprowadzenia szeregu badań izotopowych. W obecnym stanie wiedzy, nie dysponując wynikami takich badań, w pracy [S.7] oceniłem relacje i zależności statystyczne pomiędzy stężeniami wspomnianych gazów, a pozostałymi składnikami zarejestrowanymi w strefie przypowierzchniowej. Następnie uznając za wiodące dla poszukiwań złóż węglowodorów anomalne stężenia sumy alkanów C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> oceniłem prospekcyjne znaczenie pozostałych wskaźników geochemicznych. Efektem tych prac było opracowanie komplementarnego sposobu wykorzystania węglowodorowych i niewęglowodorowych powierzchniowych wskaźników geochemicznych do poszukiwań złóż gazu ziemnego.

### ***Materiał analityczny i metody badań***

Materiał analityczny wykorzystany w prezentowanym zbiorze publikacji stanowią wybrane wyniki powierzchniowych badań geochemicznych wykonanych w latach 1992-2008. Wspólnym mianownikiem zebranego materiału analitycznego (z wyjątkiem publikacji [S.2]) jest identyczny sposób jego pozyskania. Próbkę gazu glebowego pobierano za pomocą opatentowanego zestawu pomiarowego (Dzieniewicz & Sechman, 2001, 2002), a następnie precyzyjnie analizowano ich skład cząsteczkowy. Sposób terenowego opróbowania geochemicznego został szczegółowo przedstawiony w publikacji [S.5], a ponadto znajdując uznanie u Edytora, został umieszczony na okładce wydanego numeru czasopisma *Journal of Petroleum Geology* (Fig. 1).





Fig. 1

**Cover:**

Cover illustrates a patented apparatus for collecting samples of soil gas developed by a team from AGH University of Science and Technology, Krakow. The apparatus uses a steel probe to collect samples for organic geochemical analysis. Sechman *et al.* (pp. 365 – 386) used this apparatus to conduct a soil gas survey in NW Poland. Anomalies in soil gas concentrations were linked to leakage along faults and structural discontinuities from subsurface hydrocarbon accumulations. Photos by Dr H. Sechman and Dr M. Dzieńiewicz.

Punkty pomiarowe w terenie rozmieszczane były w różnych konfiguracjach, zawsze dostosowanych do celu zadania badawczego. Badania rekonesansowe w Karpatach [S.1] zrealizowano pobierając próbki wzdłuż wytyczonych trawersów co 500 m. Natomiast szczegółowe badania geochemiczne w Staruni [S.3] wykonano pobierając próbki gazu glebowego z punktów pomiarowych usytuowanych w narożach kwadratów o boku 12,5 m. Nad złożem gazu ziemnego Wierzchowice [S.4] punkty pomiarowe rozmieszczone były w narożach siatki o boku 200 m. Na obszarze Drzonowo-Biała (Pomorze Zachodnie) [S.5], w rejonie złoża gazu ziemnego Paproć-Cicha Góra (monoklina przedsudecka) [S.6] oraz w rejonie Radymno-Morawsko (zapadlisko przedkarpackie) [S.7] próbki pobierano

co 200 m wzdłuż linii wykonanych wcześniej badań sejsmicznych. W tym przypadku pozwoliło to na skorelowanie wyników powierzchniowych badań geochemicznych z modelem geologiczno-złożowym wyinterpretowanym w oparciu o badania sejsmiczne.

Pomiary emisji metanu i dwutlenku węgla na obszarze Karpat [S.2] zrealizowano opatentowaną metodyką (Korus et al., 2010), której jestem współtwórcą. Szczegółowy opis zastosowanej metodyki pomiarów terenowych oraz obliczeń przedstawiłem w publikacji [S.2]. Z uwagi na pilotażowy i eksperymentalny charakter tych badań, zrealizowane zostały one w dwóch etapach. W pierwszym etapie wykonano pomiary naturalnej emisji na powierzchni terenu, a w drugim- z wykorzystaniem otworu, symulującego naruszenie struktury gleby. Poza wstępną oceną wielkości emisji badania miały również na celu zoptymalizowanie metodyki pomiarowej.

Siedem prezentowanych publikacji powstało w oparciu o bardzo bogaty materiał faktograficzny. Stanowią go wyniki analiz chromatograficznych prawie 4000 próbek gazu glebowego. Analizy składu cząsteczkowego wszystkich pobranych próbek gazu wykonałem w Katedrze Surowców Energetycznych Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH przy użyciu tych samych analizatorów, z wykorzystaniem detekcji płomieniowo-jonizacyjnej i cieplno-przewodnościowej. Metodyka analiz chromatograficznych została przedstawiona szczegółowo w publikacjach [S.2], [S.3], [S.4], [S.5], [S.6] i [S.7]. Ponadto w publikacji [S.3] wykorzystano wyniki analizy składu trwałych izotopów węgla w metanie i dwutlenku węgla, które wykonano dla wybranych próbek o podwyższonych stężeniach tych gazów.

### ***Komentarz autorski***

Powierzchniowe badania geochemiczne, których wyniki są zawarte w przedstawionym zbiorze publikacji ([S.1], [S.2], [S.3], [S.4], [S.5], [S.6] i [S.7]), zostały wykonane w zróżnicowanych pod względem geologicznym prowincjach naftowych: od Karpat (polskich i ukraińskich), poprzez zapadlisko przedkarpackie, monoklinę przedsudecką, aż po Pomorze Zachodnie. Badania prowadzone były zarówno w skali regionalnej, półszczegółowej jak i szczegółowej. Dowodzi to, że zastosowana metodyka badań ma charakter uniwersalny, a uzyskane rezultaty stanowią cenny, wyjściowy materiał faktograficzny.

[S.1] Sechman H., Dzieńiewicz M., 2009. Analiza wyników powierzchniowych badań geochemicznych w transgranicznej strefie Karpat polskich i ukraińskich. *Geologia – kwartalnik AGH*, 35, 4, 109-127.

[S.2] Sechman H., Dzieńiewicz M., 2009. Pomiary emisji metanu w wybranych rejonach polskich Karpat zewnętrznych. *Geologia – kwartalnik AGH*, 35, 4, 129-153.

W artykule [S.1] zaprezentowano wyniki rekonesansowych powierzchniowych badań geochemicznych wykonanych w latach 2007-2008, w ramach realizacji polsko-ukraińskiego projektu badawczego. Celem tych badań była ocena możliwości występowania wglębnych akumulacji węglowodorów w obszarze cechującym się powszechnym występowaniem wycieków ropnych na wychodniach intensywnie sfałdowanych i głęboko rozciętych przez erozję warstw. Obszar powierzchniowych badań geochemicznych obejmował głównie wychodnie serii fliszowych płaszczowin śląskiej i skolskiej pomiędzy Krosnem i Borysławiem oraz fragmenty jednostek strukturalnych je obrzeżających, tj.: podśląskiej na NW od Sanoka oraz borysławsko-pokuckiej i stebnickiej na SE od Przemyśla. Badania te wykonano wzdłuż 6 ciągów pomiarowych (trawersów) o łącznej długości 380 km. Ogółem w wybranych obszarach polskich i ukraińskich Karpat fliszowych pobrano 890 próbek powietrza glebowego. Większość anomalii powierzchniowych potwierdziło obecność udokumentowanych obszarów złożowych, natomiast niektóre z nich wskazały na prawdopodobną obecność nierozpoznanych jeszcze akumulacji. Analiza współczynników geochemicznych  $CH_4/C_2H_6$  ( $C_1/C_2$ ) oraz  $C_2H_6/C_3H_8$  ( $C_2/C_3$ ) potwierdziła obecność zróżnicowanych pod względem składu wglębnych akumulacji węglowodorów. Najwięcej stref anomalnych zarejestrowano w obrębie płaszczowiny śląskiej lub w sąsiedztwie ograniczających ją stref nasunięciowych. Niektóre strefy o anomalnych stężeniach alkanów potwierdzają rozpoznane obszary złożowe. Spośród nich uwagę zwraca profil zlokalizowany we wschodniej części obszaru badań (profilu A-A) (Fig. 3, 4 w pracy [S.1]). Stwierdzone na nim anomalie w części północnej potwierdzają obecność akumulacji węglowodorów w rejonie Borysławia. Natomiast strefa anomalna występująca w południowej części tego profilu wskazuje prawdopodobnie na obecność nierozpoznanych wiertniczo akumulacji węglowodorowych.

Wyjaśnienia wymaga zupełny brak anomalnych stężeń metanu nad złożem gazu ziemnego Przemyśl (Fig. 3 w pracy [S.1]). Można to wytłumaczyć kilkudziesięcioletnią jego eksploatacją, w wyniku której nastąpiło zaburzenie pola migracji węglowodorów z akumulacji złożowej do powierzchni. Inną, dużo bardziej prawdopodobną, przyczyną takiego stanu rzeczy może być proces bakteryjnego utleniania metanu do dwutlenku węgla (np. Klusman, 1993), tym bardziej, że tego typu zjawiska występują również nad innymi

złożami gazu ziemnego na obszarze zapadliska przedkarpackiego. Zagadnienia te szerzej przedstawiłem w publikacji [S.7].

Uwagę zwracają również ekstremalnie wysokie stężenia alkanów przy relatywnie dużym udziale cięższych homologów. Może to wskazywać na stosunkowo szybkie przenikanie węglowodorów do powierzchni lub sugerować obecność płytko zalegających źródeł (np. z wychodni skał zbiornikowych). W takim przypadku świadczy to nie tyle o obecności akumulacji wgłębnych, ale o intensywnym procesie ich destrukcji. Należy zaznaczyć, że taki proces zachodzi nieustannie od momentu powstania akumulacji. W związku z tym w pracy [S.2] przedstawiłem wyniki pomiarów emisji metanu do atmosfery w wybranych rejonach Karpat zewnętrznych, które mogą stanowić przyczynek do oszacowania strat ich pierwotnego potencjału węglowodorowego (Kuśmierk et al., 2006).

Wyznaczona przeze mnie wielkość naturalnej emisji metanu jest znikoma i waha się w granicach od  $-0.301$  do  $0.076 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ . Jedynie w dwóch komorach statycznych zarejestrowano emisję dodatnią (Tab. 3 w pracy [S.2]). Emisja dodatnia wskazuje na wypływ metanu do atmosfery, natomiast emisja ujemna oznacza jego bakteryjną destrukcję w strefie przypowierzchniowej (np. Etiope & Klusman, 2002). Wielkość emisji metanu policzona na podstawie pomiarów komór statycznych z wykorzystaniem otworu w 65.7% jest dodatnia i zmienia się w przedziale od  $-24.5$  do  $10\ 606.9 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  (Tab. 4 w pracy [S.2]). Wartość średnia wynosi  $304.5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ , a mediana  $0,21 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ . Na uwagę zasługuje fakt, że policzona wielkość emisji metanu jest porównywalna z wielkościami uzyskiwanymi przez innych badaczy (np. Etiope & Klusman, 2002). Wyniki dowiodły, że w odróżnieniu od badań emisji w aspekcie ekologicznym dotyczących gazów cieplarnianych, badania wielkości emisji metanu uwalnianego z górotworu należy prowadzić z pominięciem „ekranującej” strefy przypowierzchniowej. Zastosowana metodyka polegająca na pomiarach emisji z wykorzystaniem otworu do głębokości 1 m znacząco eliminuje wpływ wspomnianego ekranu. Należy dodać, że zmiany stężeń metanu w komorze statycznej są możliwe do zarejestrowania już po kilkunastu minutach. W celu otrzymania bardziej wiarygodnych danych badania tego typu należy przeprowadzić na zdecydowanie większej liczbie stanowisk rozmieszczonych równomiernie w badanym obszarze oraz w różnych warunkach fizjograficznych, a następnie uzupełnić je o skład trwałych izotopów węgla w metanie.

Podsumowując należy stwierdzić, że pomimo pilotażowego charakteru badań nad emisją metanu, praca otwiera nowe perspektywy w zakresie wykorzystania tego typu badań. Niewątpliwie będą one przeze mnie kontynuowane.

[S.3] Sechman H., Kotarba M.J., Dzieńiewicz M., 2009. Surface geochemical survey at Starunia palaeontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 79, 3, 375–390.

W pracy [S.3] przedstawiłem analizę wyników szczegółowych powierzchniowych badań geochemicznych wykonanych w Staruni w ramach międzynarodowego projektu badawczego specjalnego nr Ukraina/57/2006 pt: „*Badania geologiczne w Staruni (Karpaty Wschodnie) - identyfikacja możliwych miejsc odkrycia nosorożców włochatych w utworach czwartorzędowych*”. Obszar badań położony jest w miejscu dawnej kopalni wosku ziemnego. Złoże to znajduje się w jednostce borysławsko-pokuckiej zapadliska przedkarpackiego, która jest główną roponośną częścią prowincji karpackiej. Natomiast ropa naftowa z najbliższych akumulacji, jest jednym z najważniejszych czynników powstawania złoża ozokerytu Starunia (Koltun et al., 2005).

Szczegółowe badania geochemiczne zostały przeprowadzone na powierzchni ok. 10,5 ha. W strefie badań występowały liczne makroobjawy węglowodorów, w postaci wycieków, aktywnych wulkanów błotnych, szybów, starych otworów i kopanek, niejednokrotnie wypełnionych ropą. Ogółem w ramach wykonanych badań geochemicznych pobrano i przeanalizowano chromatograficznie 689 próbek gazu glebowego. Na uwagę zasługuje fakt, że punkty pomiarowe rozmieszczono w siatce 12,5 x 12,5 m. Zatem jest to szczegółowe rozpoznanie geochemiczne. W wybranych próbkach, o podwyższonych stężeniach węglowodorów i/lub dwutlenku węgla, przeprowadzono analizę składu trwałych izotopów węgla w metanie, etanie, propanie i dwutlenku węgla, analizując odpowiednio: 147, 83, 21 i 150 próbek gazu glebowego.

W próbkach gazu glebowego zanotowano bardzo wysokie stężenia metanu i jego homologów (Tab. 1 w pracy [S.3]). Maksymalne stężenie metanu dochodziło do 83% obj., a sumy alkanów C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub> przekraczało 3% obj. Zarejestrowano również relatywnie wysokie stężenia dwutlenku węgla (maksymalnie - ponad 15% obj.), a także anomalne stężenia helu (maksymalnie - 156 ppm). Te ostatnie pojawiały się w miejscach wysokich stężeń alkanów. Należy zaznaczyć, że poza strefami nieszczelnych otworów wiertniczych, tak wysokich stężeń alkanów w strefie przypowierzchniowej nie stwierdzono do tej pory w żadnym obszarze ropo-gazonośnym. Przedstawione w publikacji [S.3] rozkłady stężeń analizowanych wskaźników geochemicznych, w powiązaniu z wynikami badań składu trwałych izotopów węgla w metanie, etanie, propanie i dwutlenku węgla, umożliwiły wskazanie miejsc dopływu węglowodorów z wglębnych akumulacji ropy naftowej i gazu ziemnego oraz miejsc wzmożonej działalności bakterii metanowych. Pozwoliło to na sformułowanie tezy o istnieniu

„paleobagniska” o wymiarach 350x150 m. Prawdopodobnie utworzyło się ono nad strefą uskokową rozprzodającą gazy węgłne, a także zmineralizowane wody złożowe. Ich obecność potwierdziły wyniki badań geoelektrycznych (Mościcki, 2009). Strefy niskich oporności wyraźnie korelują się z anomalnymi stężeniami alkanów i helu.

[S.4] Sechman H., Dzieńiewicz M. 2011. The example of background determination and mathematical processing of data from surface geochemical survey for the purposes of petroleum exploration. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 78, 2, 396-406.

W publikacji [S.4] doprecyzowałem i wzbogaciłem sposób iteracyjnej metody wyznaczania wartości tła geochemicznego. W dotychczasowej wersji tej metody (Saunders et al., 1991), wykonanie 2-3 kroków obliczeniowych, w których odrzucane są wartości ekstremalne, jest wystarczające do uzyskania populacji stężeń charakteryzujących wartość tła. Jednak według mojej opinii stosowanie „sztywnej zasady 2-3 kroków obliczeniowych” przy określaniu wartości tła, może skutkować błędnym jego przyjęciem. W konsekwencji, zbyt wysoka wartość tła spowoduje pominięcie części anomalii, a zbyt niska wyeksponowanie szumów pochodzących od różnorodnych zakłóceń, a nie mających związku z węgelną akumulacją węglowodorów.

Nowatorskim rozwiązaniem wprowadzonym przeze mnie do tej metody jest sposób wyboru tła, który powinien być poprzedzony analizą zmian nie tylko wartości średnich, lecz również innych parametrów statystycznych uzyskiwanych w kilku kolejnych krokach obliczeniowych. Jako tło należy wybrać wartość średnią policzoną dla zbioru spełniającego następujące warunki: 1 - policzony parametr skośności jest zbliżony do zera, ale jest nieujemny, 2 - wartość bezwzględna różnicy pomiędzy wartością średnią a medianą jest najmniejsza, 3 - gradienty zmian średnich stężeń w sąsiadujących krokach obliczeniowych są podobne, 4 - odchylenie standardowe stanowi ok. 50 % policzonej wartości średniej, 5 - przyjęty krok obliczeniowy obejmuje „sensowną” ilość danych (powyżej 50%). W przypadku log-normalnego charakteru rozkładu analizowanego zbioru, dwa pierwsze parametry należy uznać za najważniejsze. Wynika to z faktu, że kluczowym elementem iteracyjnej metody wyznaczania wartości tła jest obliczenie średniej tylko dla tej części badanego zbioru, która podlega rozkładowi normalnemu. W tym świetle, uzyskanie zerowej (lub bliskiej 0) wartości parametru skośności oznacza rozkład symetryczny – czyli zbliżony do normalnego.

Korzystając z wyników powierzchniowych badań geochemicznych uzyskanych nad złożem gazu ziemnego Wierzchowice (1251 próbek gazu glebowego), w pracy [S.4] przeprowadziłem przykładową, kompleksową obróbkę statystyczną zbioru stężeń metanu,

obejmującą również określenie wartości tła z uwzględnieniem zmodyfikowanego sposobu jego wyznaczania. Wartość tła wyznaczona w „nowy sposób” wynosiła 2,82 ppm (5 krok iteracyjny) (Tab. 2 w pracy [S.4]), która powiększona o 1 odchylenie standardowe ( $\sigma = 1,0$  ppm) dała wartość progową dla anomalii równą 3,82 ppm. Natomiast w przypadku zastosowania metody przedstawionej przez Saundersa (1991) wartość tła dla analizowanego zbioru stężeń metanu byłaby równa 4,82 ppm (3 krok iteracyjny) (Tab. 2 w pracy [S.4]). Z kolei wartość progowa dla anomalii, przy odchyleniu standardowym obliczonym dla tego kroku iteracyjnego wynoszącym 4,38 ppm, wynosiłaby aż 9,2 ppm (średnia + 1 odchylenie standardowe). Konsekwencją przyjęcia tak wysokiego stężenia progowego byłoby zmniejszenie liczebności zbioru wartości anomalnych. W takiej sytuacji przestrzenny rozkład anomalnych wielkości stężeń miałby charakter fragmentaryczny i niepełny.

W celach porównawczych, w pracy [S.4] przedstawiłem również szczegółowo sposób wyznaczania tła metodą graficzną, która jest bardzo często stosowana w obróbce statystycznej wyników badań geochemicznych, a po raz pierwszy została zastosowana przez Lepeltiera (1969). Polega ona na przedstawieniu uszeregowanych rosnąco wartości stężeń w funkcji skumulowanego prawdopodobieństwa ich występowania. W oparciu o przedstawione w pracy wyniki można uznać, że metoda Lepeltiera może być przydatna do określania tła i wyznaczania progu anomalnego. Jakkolwiek metoda iteracyjna posiada więcej zalet. Jedną z nich jest możliwość zastosowania jej do eliminacji zakłócającego oddziaływania środowiska opróbowania (Sechman & Dzieńiewicz, 2007). W publikacji przedstawiłem rozkłady powierzchniowe: pomierzonych wartości stężeń (Fig. 9a w pracy [S.4]), wartości pomierzonych z podzbiorami wydzielonymi w oparciu o wykres prawdopodobieństwa (Fig. 9b w pracy [S.4]), wartości znormalizowanych względem tła lokalnych (Fig. 9c w pracy [S.4]) oraz przefiltrowanych (Fig. 9d w pracy [S.4]). Znormalizowane wartości stężeń (Fig. 9c w pracy [S.4]) umożliwiły wykartowanie zasięgu stref anomalnych ( $>3\sigma$ ). Natomiast filtracja znormalizowanych stężeń umożliwiła „wygładzenie” ekstremów oraz usunięcie z rozkładu dyskusyjnych, jednopunktowych anomalii (Fig. 9d w pracy [S.4]). Charakter rozkładu znormalizowanych i przefiltrowanych wartości stężeń metanu na złożem gazu ziemnego Wierzchowice (Fig. 9d w pracy [S.4]) jest zakłócony przez kilkudziesięcioletnią jego eksploatację, jakkolwiek anomalie powierzchniowe potwierdziły obecność dyslokacji. Poza tym zarysowująca się forma „halo” w SE części obszaru badań wskazuje na obecność oddzielnej akumulacji lub niewyeksplotowanego fragmentu złoża.

[S.5] Sechman H., Dzieńiewicz M., Nowicka A., 2011. Light hydrocarbons in soil gas above prospective oil- and gas-bearing structures: Pomeranian Synclinorium, NW Poland. *Journal of Petroleum Geology*, 34, 4, 365-386.

W publikacji [S.5] przedstawiłem analizę i interpretację wyników powierzchniowych badań geochemicznych zintegrowanych z rezultatami prac sejsmicznych wykonanych nad wybranymi perspektywicznymi strukturami położonymi na obszarze synklinorium pomorskiego w NW części Polski. Obszar badań położony był w sąsiedztwie złoża gazu ziemnego Wierzchowo. Akumulacja złożowa znajduje się w utworach karbonu na głębokości ok. 3000 m w strefie uskoku związanych z linią tektoniczną Teisseyre'a-Tornquista (Karnkowski, 1999). Badania miały na celu rozpoznanie relacji pomiędzy powierzchniowym obrazem geochemicznym a modelem geologicznym analizowanych struktur, a w konsekwencji wytypowanie miejsc prawdopodobnego występowania wglębnych akumulacji węglowodorów.

Wyniki zostały opracowane statystycznie zgodnie z metodyką przedstawioną w publikacji [S.4]. Wyniki zawarte w publikacji [S.5] potwierdziły, że najkorzystniej jest prognozować charakter wglębnych nagromadzeń węglowodorów (gaz, kondensat, ropa) wykorzystując współczynnik  $C_2/C_3$ . Prognozowanie charakteru nagromadzeń wglębnych jest również możliwe w oparciu o relacje pomiędzy zlogarytmowanymi wartościami współczynników  $C_1/C_2+C_3$  i  $C_2/C_3+C_4$ , przedstawionych na wykresach w kartezjańskim układzie współrzędnych (Jones et al., 2000). Jednak w dotychczasowych publikacjach nikt nie zestawił na tych wykresach jednocześnie relacji pomiędzy tymi współczynnikami obliczonymi w oparciu o wyniki składu cząsteczkowego gazów glebowych i wglębnych stwierdzonych na danym obszarze. Położenie punktów reprezentujących składy istniejących złóż węglowodorów w badanym rejonie pozwala na ocenę możliwości interpretacyjnych tego diagramu (Fig. 8 w pracy [S.5]). Na diagramie tym punkty reprezentujące skład węglowodorowy karbońskich złóż gazowych położone są w znacznej odległości od punktów reprezentujących ropne złoża odkryte w utworach dolomitu głównego, a więc istnieje również możliwość ich rozróżnienia w oparciu o pomiary składu cząsteczkowego gazów glebowych. Natomiast punkt reprezentujący ropno-gazowe złożo Karlino-Daszewo położony jest w bliskim sąsiedztwie punktów reprezentujących złoża ropne. Występujące relacje wskazują, że powierzchniowy sygnał geochemiczny pochodzący od akumulacji ropnych lub ropno-gazowych występujących w utworach dolomitu głównego może być podobny pod względem składu węglowodorowego.



Nowatorski charakter ma wykonana przeze mnie analiza statystyczna współczynnika  $C_2H_6/C_2H_4$  ( $C_2/C_{2=}$ ), która pozwoliła na ocenę stopnia aktywności mikroprzenikania węglowodorów od wgłębnych nagromadzeń do powierzchni (Saunders et al., 1999). Zwykle aktywne przenikanie węglowodorów zaznacza się w powierzchniowym obrazie w postaci silnych, kontrastowych anomalii, natomiast pasywne przenikanie jest reprezentowane z reguły przez słabsze anomalie. Uznając, że zarówno jedne, jak i drugie mogą wskazywać na obecność wgłębnych akumulacji, określiłem oddzielnie tła dla analizowanych zbiorów stężeń w odniesieniu do aktywnego i pasywnego przenikania węglowodorów. W tym celu, dla każdej próbki policzyłem współczynnik ( $C_2/C_{2=}$ ), którego rozkłady statystyczne pozwoliły na określenie wielkości granicznych dla charakterystycznych podzbiorów reprezentujących różne style mikroprzenikania węglowodorów:  $<1.0$ ;  $1.0-2.8$ ;  $2.8-5.4$  oraz  $>5.4$  (Fig. 10B w pracy [S.5]). Wyznaczone wielkości graniczne posłużyły do podzielenia całego zbioru próbek na podzbiory. W ten sposób uzyskano 4 podzbiory próbek dla których oddzielnie wyznaczono tła. Określono je dla stężeń sumy alkanów  $C_2-C_4$ , sumy alkenów  $C_2-C_4$  i metanu według opracowanej metodyki zawartej w pracy [S.4]. Normalizacja pomierzonych stężeń tych wskaźników względem tła wyznaczonych oddzielnie dla wyodrębnionych zbiorów próbek umożliwiła wykreowanie bardziej wiarygodnego obrazu anomalnego. Usunąłem z niego (lub w znacznym stopniu ograniczyłem) zakłócenia będące efektem zróżnicowanego (aktywnego, pasywnego) mikroprzenikania węglowodorów z akumulacji wgłębnych do powierzchni terenu. Następnie, znormalizowane wielkości stężeń sumy alkanów  $C_2-C_4$ , sumy alkenów  $C_2-C_4$  i metanu przefiltrowałem filtrem 3-punktowym i przedstawiłem w formie wykresów zintegrowanych z przekrojami sejsmicznymi. Normalizacja pomierzonych wartości stężeń względem tła wyznaczonych oddzielnie dla wyodrębnionych podzbiorów pozwoliła na doprecyzowanie kształtu anomalii. Pomimo, że zabieg ten nie spowodował drastycznych zmian w powierzchniowym obrazie geochemicznym, to jednak ma znaczenie dla wyeksponowania słabych anomalii będących wynikiem pasywnego (relatywnie wolniejszego) mikroprzenikania węglowodorów do powierzchni

Zmiany stężeń wskaźników geochemicznych na tle zinterpretowanych profili sejsmicznych (Fig. 11, 12, 13 w pracy [S.5]) przedstawiłem w postaci trzech oddzielnych wykresów. Pierwszy z nich przedstawia zmiany pomierzonych wartości stężeń składników alkanowych, drugi zmiany wartości znormalizowanych w oparciu o wspólne tło, a trzeci zmiany wartości znormalizowanych w oparciu o tła wyznaczone oddzielnie dla podzbiorów reprezentujących różne style mikroprzenikania węglowodorów. Wykresy te zostały uzupełnione o informacje dotyczące prognozowanego charakteru wgłębnych nagromadzeń

węglowodorów oraz intensywności ich przenikania z głębi do strefy przypowierzchniowej. W literaturze geochemicznej nie spotkałem do tej pory takiego sposobu obróbki statystycznej wyników i ich prezentacji graficznej. Przedstawiony przeze mnie sposób ułatwia kompleksową interpretację uzyskanych wyników badań geochemicznych.

Analiza rozkładów statystycznych współczynnika  $C_2/C_3$  oraz wykresów zależności wartości współczynników  $C_2/C_2+C_4$  i  $C_1/C_2+C_3$  wykazała, że w badanej strefie należy spodziewać się głównie akumulacji gazu kondensatowego lub akumulacji ropno-gazowych.

Zmiany znormalizowanych i przefiltrowanych wartości stężeń sumy alkanów  $C_2-C_4$  pozwoliły na wydzielenie 10 stref anomalnych, które wskazują na występowanie wgłębnych akumulacji węglowodorów. Największe prawdopodobieństwo odkrycia nagromadzeń węglowodorów występuje w środkowej części profilu II-II' (Fig. 12 w pracy [S.5]). Przeprowadzone przeze mnie badania wykazały, że w strefie tej należy spodziewać się nagromadzeń gazowo-ropnych i gazu kondensatowego w podniesieniach antyklinalnych ograniczonych uskokami. Perspektywiczne są zarówno utwory karbonu, jak również dolomitu głównego.

Wyniki badań geochemicznych zintegrowane z rezultatami badań sejsmicznych potwierdzają wysoką perspektywność badanego obszaru i wskazują na możliwość odkrycia nowych złóż węglowodorów. Przedstawione w pracy [S.5] wyniki badań mają charakter użytkowy. Stanowiły one uzasadnienie dla opracowania przez PGNiG Oddział w Zielonej Górze „Projektu badań geologicznych na obszarze koncesji Biały Bór dla badań sejsmicznych 2D w rejonie Biała”. Docelowym efektem tego wdrożenia będzie wykonanie otworu poszukiwawczego w rejonie struktury Biała.

**[S.6]** Sechman H., 2012. Detailed compositional analysis of hydrocarbons in soil gases above multi-horizon petroleum deposits - a case study from western Poland. *Applied Geochemistry*, 27, 10, 2130-214.

Publikacja [S.6] przedstawia szczegółową analizę i interpretację wyników powierzchniowych badań geochemicznych przeprowadzonych w rejonie kilku sąsiadujących ze sobą udokumentowanych złóż węglowodorów w zachodniej Polsce. Największe z nich to złożo Paproć – Cicha Góra zawierające suchy gaz w utworach czerwonego spągowca. Podobny charakter mają złoża odkryte w stropie karbonu (złożo Paproć) i w rafie wapienia cechsztyńskiego (złoża: Paproć W, Paproć N, Nowy Tomyśl). Natomiast złożo gazu kondensatowego Paproć i złożo ropy naftowej Jastrzębsko odkryte w płycie zalegających utworach dolomitu głównego. Celem badań geochemicznych była analiza zmienności składu

i zasięgu przypowierzchniowego pola węglowodorów gazowych w relacji do położenia i charakteru wglębnych nagromadzeń węglowodorów występujących w różnych ogniwach stratygraficznych. Z uwagi na fakt, że badania te miały „charakter kalibracyjny”, ich celem było również wypracowanie odpowiedniej metodyki rozpoznawania wglębnych nagromadzeń węglowodorów na obszarze monokliny przedsudeckiej.

Pod względem statystycznym wyniki zostały opracowane zgodnie z metodyką zaprezentowaną w publikacji [S.4]. Analiza wartości współczynnika  $C_1/C_2$  potwierdziła zróżnicowany charakter wglębnych akumulacji węglowodorów: od ropnych, poprzez kondensatowe do gazowych. Charakterystyczne przedziały wartości tego współczynnika w tym przypadku wynosiły  $<11$ ,  $11-25$ ,  $25-42$ ,  $42-60$  i  $>60$  (Fig. 4 w pracy [S.6]). Natomiast w przypadku badań wykonanych na obszarze Pomorza Zachodniego w rejonie Drzonowo-Biała [S.5] charakterystyczne przedziały dla tego współczynnika były zupełnie inne i wynosiły:  $<40$ ,  $40-95$ ,  $95-170$  i  $>170$  (Fig. 5A, 5B w pracy [S.5]). To zróżnicowanie można wyjaśnić tym, że odkryte akumulacje złożowe i produktyne horyzonty zbiornikowe na obszarze Pomorza zalegają znacznie głębiej niż na monoklinie przedsudeckiej. W związku z tym, węglowodory przenikające z głębi są silniej zubażane w cięższe składniki, co jest konsekwencją procesu naturalnej chromatografii (np. Klusman, 1993). Zatem konfrontacja wyników uzyskanych na Pomorzu [S.5] i monoklinie przedsudeckiej [S.6] skłania do wniosku, że ocena charakteru wglębnych nagromadzeń węglowodorów w oparciu o wartość współczynnika  $C_1/C_2$  nie ma charakteru uniwersalnego. Analiza wartości współczynnika  $C_1/C_2$  w rejonie rozpoznanych złóż na monoklinie przedsudeckiej wykazała, że powierzchniowy sygnał geochemiczny jest zdominowany przez źródła zawierające gaz kondensatowy pochodzący np. z dolomitu głównego. Potwierdziła to również analiza, bardziej wiarygodnego współczynnika  $C_2/C_3$  (Fig. 5 w pracy [S.6]). Jest to zaskakująca konkluzja w świetle wyników rozpoznania złożowego w tym rejonie, gdyż spośród udokumentowanych akumulacji złożowych największe zasoby ma złożo suchego gazu ziemnego Paproć-Cicha Góra odkryte w utworach czerwonego spągowca (Fig. 1, 2 w pracy [S.6]). Gaz ziemny z tego złoża charakteryzuje się relatywnie wysokimi wartościami współczynników  $C_1/C_2$  i  $C_2/C_3$  (Tab. 1 w pracy [S.6]). W związku z tym, w gazie glebowym w przeważającej liczbie próbek należałoby się spodziewać jeszcze wyraźniejszej przewagi metanu nad etanem i etanu nad propanem, co wynika z naturalnej dyferencjacji składników. W tym zakresie jest jednak zupełnie inaczej. Może to wynikać z obecności płycej zalegających niewielkich nagromadzeń gazu kondensatowego w utworach dolomitu głównego, których występowanie bardzo silnie zaznacza się w powierzchniowym sygnale

geochemicznym, w przeciwieństwie do głębiej zalegających złóż suchego gazu ziemnego. Podobne wnioski można wyciągnąć, analizując szczegółowo wykresy zależności zlogarytmowanych wartości współczynników  $C_2/C_2+C_4$  i  $C_1/C_2+C_3$  (Fig. 7 w pracy **S.6**). Jednak oceniając rozkład powierzchniowych anomalii geochemicznych można stwierdzić, że uzyskano zadowalającą ich korelację z zasięgiem akumulacji złożowej Paproć-Cicha Góra w utworach czerwonego spągowca (Fig. 9 w pracy **[S.6]**). Zatem można przypuszczać, że dolomit główny, będący na obszarze monokliny przedsudeckiej zarówno skałą macierzystą jak i zbiornikową (Kotarba et al., 2000), stanowi swego rodzaju „filtr” modyfikujący charakter strumienia gazów przenikających współcześnie z głębiej zalegających poziomów zbiornikowych (np. z czerwonego spągowca). W konsekwencji, na powierzchni terenu rejestruje się sygnał geochemiczny wskazujący na przewagę wgłębnym akumulacji gazu kondensatowego lub ropno-gazowych. Może to prowadzić do błędów w ocenie charakteru wgłębnym nagromadzeń węglowodorów w oparciu analizę składnikową gazów glebowych.

W poprzedniej publikacji **[S.5]** udowodniłem praktyczną przydatność współczynnika  $C_2/C_{2=}$  do oceny charakteru przenikania węglowodorów z akumulacji wgłębnym do powierzchni terenu i modyfikacji rozkładu powierzchniowych anomalii geochemicznych. W związku z tym w również w publikacji **[S.6]** przeprowadziłem podobną procedurę (Fig. 8A, 8B w pracy **[S.6]**). W tym przypadku analizę tą wzbogaciłem o dodatkowy element w postaci wykresów korelacyjnych pomiędzy etanem a propanem, które wykonałem dla trzech zbiorów próbek wydzielonych w oparciu o wielkość współczynnika  $C_2/C_{2=}$  (Fig. 8C, 8D, 8E w pracy **[S.6]**). Najwyższą korelację pomiędzy etanem a propanem ( $R^2=0,99$ ) stwierdzono dla zbioru próbek, w których współczynnik  $C_2/C_{2=}$  wskazuje na bardzo aktywny proces mikroprzenikania składników węglowodorowych z akumulacji wgłębnym do powierzchni. Wysoka wartość współczynnika determinacji  $R^2$  pomiędzy etanem a propanem wskazuje, że przenikanie następuje z jednego wgłębnym źródła.

W publikacji **[S.6]**, jako pierwszy w Polsce, przedstawiłem model aktualnego mikroprzenikania węglowodorów od wgłębnym nagromadzeń do powierzchni na obszarze monokliny przedsudeckiej (rozdz. 5.3 w pracy **[S.6]**). Model ten opiera się na odtworzeniu łańcucha przyczynowo-skutkowego decydującego o zasięgu, kontrastowości i składzie anomalii geochemicznych pojawiających się na powierzchni terenu w tej części Polski.

Podsumowując, wyniki powierzchniowych badań geochemicznych potwierdziły obecność akumulacji złożowych w rejonie Nowego Tomyśla. Badania te wykazały również, że utwory dolomitu głównego mogą „maskować” i zmieniać charakter sygnału geochemicznego pochodzącego od głębiej zalegających akumulacji suchego gazu

w czerwonym spągowcu i karbonie. Rezultaty moich badań zawarte w publikacji [S.6], będąc swoistym wzorcem, mają kluczowe znaczenie dla poprawnej interpretacji wyników powierzchniowych badań geochemicznych wykonanych w innych obszarach monokliny przedsudeckiej.

[S.7] Sechman H., Dzieńiewicz M., Liszka B., 2012. Soil gas composition above gas deposits and perspective structures of the Carpathian Foredeep, SE Poland. *Applied Geochemistry*, 27, 1, 197-210.

Praca [S.7] zawiera analizę i interpretację wyników badań geochemicznych wykonanych w rejonie Radymno-Morawsko (zapadlisko przedkarpackie).

Na obszarze zapadliska przedkarpackiego występują akumulacje gazu o mikrobialnym pochodzeniu węglowodorów (np. Kotarba, 1992), charakteryzujące się wysokim udziałem metanu z niewielką domieszką azotu i cięższych węglowodorów. W związku z tym, z teoretycznego punktu widzenia, należałoby oczekiwać podobnych relacji w pobieranych próbkach powietrza glebowego – czyli zdecydowanej przewagi metanu i śladowych ilości cięższych alkanów. Jednak wyniki powierzchniowych badań geochemicznych przeprowadzonych w rejonie Radymno-Morawsko znacząco odbiegają od oczekiwanych. Charakteryzują się one niskimi stężeniami metanu, obecnością wyższych alkanów (C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>) i alkenów oraz relatywnie wysokimi stężeniami dwutlenku węgla i wodoru.

W pracy wykazano wysoką zgodność kierunkową pomiędzy alkanami cięższymi od metanu (główny wskaźnik prospekcyjny), a stężeniami wodoru i alkenów (Fig. 4 w pracy [S.7]). Może to sugerować, że istnieje pomiędzy nimi związek przyczynowo-skutkowy w postaci wglębnej biodegradacji alkanów lub ich odwodornienia (np. Pallasser, 2000; Head et al., 2003; Dolfing et al., 2008). W tym świetle, podwyższone stężenia wodoru i alkenów mogą być pośrednimi wskaźnikami obecności wglębnych nagromadzeń węglowodorów. Poza tym wykazano, że znaczenie prospekcyjne na badanym obszarze może posiadać również dwutlenek węgla, którego podwyższone stężenia pojawiają się w miejscach spadków stężeń metanu (bakteryjne utlenianie). Należy zaznaczyć, że tego typu zjawiska zanotowano do tej pory tylko w badanym obszarze Radymno-Morawsko oraz w rejonie złóż Mirocin i Jarosław.

Aby przeprowadzić kompleksową interpretację bezpośrednich wskaźników geochemicznych tj. sumy alkanów C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> i metanu oraz wskaźników pośrednich, tj. sumy alkenów C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>, wodoru i dwutlenku węgla, ich stężenia zostały przedstawione w postaci wartości względnych. W tym celu wykorzystano opracowaną metodykę wyznaczania tła i normalizacji stężeń [S.4]. Zmiany wartości znormalizowanych dla każdego ze wskaźników przedstawiono w formie wykresów wzdłuż zinterpretowanych profili sejsmicznych.

Do dalszej obróbki wybrano wartości znormalizowane każdego ze składników przewyższające jedno odchylenie standardowe ( $+1\sigma$ ) powyżej przyjętego poziomu tła. Korzystając z tych wartości obliczono tzw. anomalie sumaryczne. Anomalie te wyznaczono jako sumę algebraiczną względnych stężeń poszczególnych składników tzn. metanu, sumy alkanów  $C_2-C_4$ , sumy alkenów  $C_2-C_4$ , wodoru i dwutlenku węgla. Sumowano wartości powyżej  $+1\sigma$ . Anomalie sumaryczne wyznaczono tylko w tych punktach, w których zarejestrowano obecność cięższych homologów metanu. W ten sposób uzyskano zbiór sumarycznych wartości analizowanych wskaźników geochemicznych, których zmiany przedstawiono wzdłuż wybranych profili oraz na mapie.

Powierzchniowy rozkład anomalii sumarycznych pozwolił na wydzielenie 16 stref anomalnych (Fig. 7 w pracy [S.7]). Ich rozmieszczenie wskazuje, że akumulacje złożowe w rejonie Radymno-Morawsko mogą mieć większy zasięg niż dotychczas udokumentowane. Poza tym można spodziewać się akumulacji również w innych miejscach. Charakter anomalii i relacje pomiędzy poszczególnymi składnikami wskazują, że akumulacje znajdują się na różnych głębokościach. Ponadto świadczą one, że w powierzchniowym obrazie geochemicznym znaczącą rolę odgrywają nieciągłości tektoniczne. Dyslokacje naruszające utwory miocenu mogą przemieszczać odłożowy strumień przenikających do powierzchni węglowodorów zgodnie z kierunkiem nachylenia płaszczyzn uskoków.

Wydzielone na mapie strefy anomalnych, sumarycznych wartości wskaźników geochemicznych (Fig. 7 w pracy [S.7]) są efektem zarówno przenikania węglowodorów z akumulacji wgłębnych do powierzchni, jak również wtórnych procesów biochemicznych zachodzących w skałach nadległych i w glebie. Procesy biochemiczne są związane z obecnością węglowodorów w środowisku skalnym pomiędzy akumulacją wgłębnią a powierzchnią terenu. Należy jednak pamiętać, że obecność alkanów cięższych od metanu jest warunkiem koniecznym wykorzystania wskaźników pośrednich do poszukiwań wgłębnych akumulacji węglowodorów. Jest to najważniejszy wniosek wynikający z tej pracy, jakkolwiek prospekcyjne znaczenie pośrednich wskaźników geochemicznych powinno zostać jeszcze potwierdzone badaniami składu trwałych izotopów węgla w metanie i dwutlenku węgla, a także trwałych izotopów wodoru.

### ***Podsumowanie***

Do najważniejszych wyników przedkładanego cyklu publikacji zaliczam:

1. Wyznaczenie stref anomalnych stężeń węglowodorów wzdłuż regionalnych profili geochemicznych na obszarze Karpat zewnętrznych. Najwięcej anomalii alkanowych zarejestrowano w obrębie płaszczowiny śląskiej lub w sąsiedztwie ograniczających ją stref nasunięciowych. Potwierdzają one obecność nagromadzeń wgłębnych oraz wskazują na występowanie nieodkrytych akumulacji.
2. Opracowanie efektywnej techniki prowadzenia badań terenowych dla określenia ilości metanu współcześnie uwalnianego z górotworu w aspekcie oszacowania strat pierwotnego potencjału węglowodorowego w Karpatach. Z uwagi na fakt, że pomierzone wielkości naturalnej emisji metanu z powierzchni gleby do atmosfery były znikome, na skutek jego utleniania przez bakterie, dlatego badanie wielkości strumienia emisji metanu uwalnianego z górotworu należy prowadzić z pominięciem „ekranującej” strefy przypowierzchniowej.
3. Wyznaczenie stref wzmożonego dopływu gazów pochodzenia wgłębego do strefy przypowierzchniowej na obszarze byłej kopalni ozokerytu w Staruni. Badania pozwoliły na określenie położenia „paleobagniska”, w którym mogły zostać zachowane szczątki plejstocenijskich kręgowców. Są to miejsca, w których mogą być prowadzone przyszłe prace wykopaliskowe na tym terenie. Interpretacja uzyskanych wyników pozwoliła stwierdzić, że okonturowany obszar położony jest prawdopodobnie nad strefą uskokową rozpraszającą gazy wgłębne, a także zmineralizowane wody złożowe.
4. Wzbogacenie i doprecyzowanie iteracyjnej metody wyznaczania tła geochemicznego. Stwierdzono, że wybór tła powinien być poprzedzony analizą zmian nie tylko wartości średnich, lecz również innych parametrów statystycznych uzyskiwanych w kolejnych krokach obliczeniowych. Ma to fundamentalne znaczenie w interpretacji powierzchniowych anomalii geochemicznych.
5. Zoptymalizowanie sposobu opracowania i interpretacji wyników powierzchniowych badań geochemicznych. Jego zastosowanie pomogło w lokalizacji miejsc potencjalnych akumulacji węglowodorów w rejonie Drzonowo-Biała (Pomorze Zachodnie) i przyczyniło się do wdrożenia przez PGNiG „Projekt prac geologicznych” w tym rejonie.
6. Praktyczne zastosowanie współczynnika  $C_2H_6/C_2H_4$  dla oceny stopnia aktywności mikroprzenikania węglowodorów z akumulacji wgłębnych do powierzchni. Pozwoliło to na zmodyfikowanie przypowierzchniowego pola rozkładu węglowodorów, polegające

na wyeksponowaniu słabych anomalii będących wynikiem pasywnego (relatywnie wolniejszego) mikroprzenikania węglowodorów.

7. Opracowanie i interpretację wyników powierzchniowych badań geochemicznych wykonanych nad udokumentowanymi złożami węglowodorów w rejonie Nowego Tomyśla (monoklina przedsudecka). Badania te mają „charakter kalibracyjny”. Będą one miały kluczowe znaczenie dla poprawnej interpretacji wyników powierzchniowych badań geochemicznych wykonanych w innych obszarach monokliny przedsudeckiej.
8. Opracowanie i przedstawienie prawdopodobnego modelu mikroprzenikania węglowodorów z głębokich akumulacji do powierzchni na obszarze monokliny przedsudeckiej. W modelu tym kluczową rolę odgrywają utwory dolomitu głównego, który stanowi swego rodzaju „filtr” modyfikujący charakter strumienia gazów przenikających z głębiej zalegających poziomów zbiornikowych (np. z czerwonego spągowca lub karbonu).
9. Ocenę prospekcyjnego znaczenia bezpośrednich i pośrednich powierzchniowych wskaźników geochemicznych i opracowanie metodyki ich komplementarnego wykorzystania do poszukiwań złóż gazu ziemnego na obszarze zapadliska przedkarpackiego. Wykazano, że sumaryczne anomalie geochemiczne (suma alkanów C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>, metan, suma alkenów C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>, wodór i dwutlenek węgla), będące efektem zarówno przenikania węglowodorów od akumulacji głębokich do powierzchni, jak również wtórnych procesów biochemicznych zachodzących w skałach nadległych i w glebie, mogą wspomagać lokalizację głębokich nagromadzeń węglowodorów na obszarze zapadliska przedkarpackiego.

## Literatura

- Alexandrowicz, S.W., 2005. The history of “Starunia” - a palaeontologic site and old earth wax mine. W: Kotarba, M.J. (ed.), Polish and Ukrainian geological survey in 2004-2005 years in Starunia at the area of finds of woolly rhinoceroses and other extinct vertebrates. Polish Geological Institute and “Geosphere”, Warszawa-Kraków, Chapter 2, 21-38.
- Dzieniewicz M., Kuśmierk J., Potera J., Semyrka R., 1978. Perspektywy naftowe fałdu Suchych Rzek w świetle badań geochemicznych (Bieszczady). *Geologia*, 4, 3, 37-51.
- Dzieniewicz M., Sechman H. 2001. Kowadło sondy udarowej do badania gruntu. Wzór użytkowy RP nr PL 58584, WUP, 05/2001.
- Dzieniewicz M. Sechman H. 2002. Zestaw do ręcznego pobierania próbek gazowych z warstw przypowierzchniowych. Patent RP nr PL 184080, WUP, 08/2002.
- Dolfing J., Larter S.R., Head I.M. 2008. Thermodynamic constraints on methanogenic crude oil biodegradation. *International Society for Microbial Ecology Journal*, 2, 442-452.
- Etiopie G., Klusman R.W. 2002. Geologic emissions of methane to the atmosphere. *Chemosphere*, 49, 777-789.
- Gole M.J. Butt C.R.M., 1985. Biogenic-thermogenic near-surface gas anomaly over Gingin and Bootine gas fields, Western Australia. *AAPG Bull.*, 69, 2110-2119.



- Harbert W., Jones V.T., Izzo J., Anderson T.H., 2006. Analysis of light hydrocarbons in soil gases, Lost River region, West Virginia: relation to stratigraphy and geological structures. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bulletin*, 90, 715-734.
- Head I.M., Jones D.M., Larter S.R. 2003. Biological activity in the deep subsurface and the origin of heavy oil. *Nature*, 426, 344-352.
- Jones V.T., Drozd R.J. 1983. Prediction of oil or gas potential by near-surface geo-chemistry. *AAPG Bulletin*, 67, 932-952.
- Jones V.T., Burtell S.G. 1996. Hydrocarbon flux variations in natural and anthropogenic seeps. W: D. Schumacher and M.A. Abrams, (Eds.): Hydrocarbon migration and its near-surface expression, *AAPG Memoir 66*, 203-221.
- Jones V.T., Matthews M.D., Richers D.M., 2000. Light hydrocarbons for petroleum and gas prospecting. W: Hale M. (Ed.): Handbook of Exploration Geochemistry 7. Elsevier Science Publishers, 133-212.
- Karnkowski P., 1999. Oil and Gas Deposits in Poland. Geosynoptics Society „GEOS”. Cracow, 1-380.
- Klusman R.W., 1993. Soil Gas and Related Methods for Natural Resource Exploration. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1-483.
- Koltun Y.V., Dudok I.V., Kotarba M.J., Adamenko O.M., Pavluk M.I., Burzewski W., and Stelmakh O.R., 2005, Geological setting and petroleum occurrence of the Starunia area, fore-Carpathian region, Ukraine. W: Kotarba, M.J. (Ed.), Polish and Ukrainian geological studies (2004-2005) at Starunia - the area of discoveries of woolly rhinoceroses, 61-77.
- Kotarba M., 1992. Bacterial gases in Polish part of the Carpathian Foredeep and the Flysch Carpathians: isotopic and geological approach. W: Vially R. (Ed.): Bacterial Gas. Technip., Paris, 133–146.
- Kotarba M.J., Więclaw W., Stecko Z., 2000. Composition, origin and habitat of natural gases in the Zechstein Main Dolomite strata of the western part of the Fore-Sudetic area (SW Poland). *Przegląd Geologiczny*, 48, 429-435.
- Kotarba, M. J. ed., 2005. Polish and Ukrainian geological studies (2004-2005) at Starunia - the area of discoveries of woolly rhinoceroses. Polish Geological Institute and “Geosphere”, Warszawa-Kraków, 218 str.
- Kotarba M. J., 2009. Interdisciplinary studies around the Starunia palaeontologic site (Ukrainian Carpathians) in the years 2006–2009: previous discoveries and research, purposes, results and perspectives. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 79, 219-242
- Kuśmierk J., Dzieniewicz M., Sechman H., Machowski G., Czwarciel P., Maruta M., Ozimek K., Pałkowska K. Pasternacki A., 2006. Studium geologiczno-naftowe wycieków węglowodorów w rejonie Karpat. Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego i Gazowniczego, Arch. KSE AGH, Kraków (praca niepublikowana).
- Kuśmierk J. Machowski G., 2008. Wycieki ropy naftowej w obszarze wschodniej części Karpat polskich i ich znaczenie prognostyczne. *Prace Instytutu Nafty i Gazu*, 150, 247–250.
- Lepeltier C., 1969. A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. *Economic Geology*, 64, 538-550.
- Link W.K., 1952. Significance of oil and gas seeps in world oil exploration. *AAPG Bulletin*, 36, 1505–1540.
- McCarthy J.H., Reimer G.M. 1986. Advances in soil geochemical exploration for natural resources: some current examples and practices. *Journal of Geophysical Research.*, 91, B12, 12,327-12,338.
- Mościcki W.J., 2009. Characterization of near-surface sediments based on combined geochemical studies at Starunia paleontological site and vicinity (Carpathian region, Ukraine). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 79, 333-342.
- Pirkle R.J., Jones V.T., 1983. Helium and hydrogen anomalies associated with deep or active faults. Proceedings, 181<sup>st</sup> American Chemical Society National Meeting, Atlanta, Georgia, March, 29-April, 3.
- Pallasser, R.J., 2000. Recognizing biodegradation in gas/oil accumulations through the  $\delta^{13}\text{C}$  compositions of gas components. *Organic Geochemistry*, 31, 1363-1373.
- Saenz G., Pannell K. H., Pingitore N.E., 1991. Recent advances in near-surface organic geochemical prospecting for oil and gas. W: Merrill R.K. (Ed.): Source and migration processes and evaluation techniques, AAPG Tulsa, Oklahoma, 135-139.
- Saunders D.F. Burson K.R., Thompson C.K., 1991. Observed relation of soil magnetic susceptibility and soil gas hydrocarbon analyses to subsurface hydrocarbon accumulations. *AAPG Bulletin*, 75, 389-408.

- Saunders D.F., Burson K.R., & Thompson C.K., 1999. Model for hydrocarbon microseepage and related near-surface alterations. *AAPG Bulletin*, 83, 170–184.
- Savary V., Pagel M. 1997. The effects of water radiolysis on local redox conditions in the Oklo, Gabon, natural fission reactors 10 to 16. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61, 4479 - 4494.
- Schumacher D., 2002. Managing exploration risks: lessons learned from surface geochemical surveys and post-survey drilling results. AAPG Oral Presentation, AAPG Convention Houston, TX.
- Sechman H., Dzieńiewicz M. 2005. 75 lat obecności powierzchniowych badań geochemicznych w poszukiwaniach złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. *Nafta-Gaz*, 4, 150-165.
- Strzetelski J., 1955. Wyniki i interpretacja doświadczalnych badań geochemicznych. *Prace Instytutu Naftowego*, 40, 9-20.
- Szura T., Klewski F., 1949. Pierwsze badania geochemiczne. *Nafta*, 12, 342–347.
- Telegina Z.P., 1971. Generation of Unsaturated Hydrocarbons From Saturated by Microbiological Oxidation. W: The Results of Direct Geochemical Prospecting. Ministry of Geology, USSR, Nedra, Moscow.
- Ullom W. L. 1988. Ethylene and propylene in soil gas: Occurrence, sources and impact on interpretation of exploration geochemical data. *Association Petroleum Geochemical Explorationists Bulletin*, 4, 62-81.
- Waleńczak, Z., 1987. Geochemia organiczna. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 1-161.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.

### **Okres przed uzyskaniem stopnia doktora**

We wczesnym okresie mojej pracy zawodowej interesowała mnie przede wszystkim **problematyka ochrony środowiska**. W związku z tym, w 1992 roku brałem udział w kursie z zakresu techniki i organizacji przeglądów efektywności przemysłowej i ochrony środowiska („*Industrial Efficiency and Environmental Reviews*”) zorganizowanym przez Ministerstwo Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w ramach programu „*Strategia zarządzania środowiskiem*”, finansowanego z funduszy Banku Światowego. Po ukończeniu w/w kursu zostałem skierowany, w ramach wyróżnienia, na miesięczny staż zagraniczny do Stanów Zjednoczonych i Danii. W Stanach Zjednoczonych ukończyłem 40-godzinny kurs z zakresu bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia (OSHA - standard 29CFR 1910.120).

Wiedzę i umiejętności praktyczne w zakresie analizy instrumentalnej, w tym chromatografii gazowej, poszerzałem uczestnicząc w szkoleniach zagranicznych zorganizowanych przez firmę FISON'S Instruments w latach 1990 i 1993.

W latach 1987-1989 uczestniczyłem w pracach zespołu badającego możliwości wykorzystania wód geotermalnych na obszarze Niżu Polski, uczestnicząc w Centralnym Projekcie Badawczo-Rozwojowym pt: „*Ciepłownictwo i systemy ciepłownicze*”. Pracując w Zespole kierowanym przez prof. dr. hab. inż. Wojciecha Góreckiego (AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska) byłem współautorem opracowań naukowo-badawczych dotyczących poszukiwań wód geotermalnych w Polsce, w tym projektu wiercenia Uniejów-AGH1.

Od 1989 roku do chwili obecnej główny nurt moich badań naukowych stanowią zagadnienia związane z **zastosowaniem powierzchniowych metod geochemicznych w prospekcji naftowej i ochronie środowiska.**

W latach 1989-1991 organizowałem i uruchamiałem laboratorium chromatografii gazowej w Katedrze Surowców Energetycznych, działając w Zespole z dr. inż. Markiem Dzieniewiczem (AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska). W tym zakresie opracowałem i zastosowałem w praktyce równoległy, dwumodułowy rozdział składników na trzech kolumnach, z równoczesnym wykorzystaniem detekcji płomieniowo-jonizacyjnej i cieplno-przewodnościowej. Pozwala on na stosunkowo proste i szybkie oznaczanie, w każdej analizowanej próbce gazowej, 16 składników (metan, etan, propan, i-butan, n-butan, neo-pentan, i-pentan, n-pentan, etylen, propylen, 1-buten, hel, wodór, tlen, azot i dwutlenek węgla).

Przed uzyskaniem stopnia doktora byłem współautorem 14 publikacji i 13 abstraktów konferencyjnych. Dorobek publikacyjny tego okresu był możliwy dzięki uzyskaniu znaczącego materiału faktograficznego zebranego w ramach kilkudziesięciu prac naukowo-badawczych zrealizowanych na zlecenie przemysłu (głównie Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa S.A.) (zał. 4, pkt M, poz. M.1-M.7, M.11-M.18, M.20, M.22-M.25, M.27-M.28), a kierowanych przez prof. dr hab. inż. Wojciecha Góreckiego. W latach 1993-1998 byłem również głównym wykonawcą w 2 projektach badawczych Komitetu Badań Naukowych (zał. 3, pkt II, poz. J.1, J.2). Pragnę podkreślić, że w każdym projekcie uczestniczyłem aktywnie we wszystkich etapach realizacji badań, tj. począwszy od sformułowania koncepcji badań, poprzez udział w terenowym opróbowaniu geochemicznym, samodzielne wykonanie oznaczeń chromatograficznych, zestawienie i statystyczne opracowanie wyników, a kończąc na ich interpretacji. Wybrane wyniki tych badań zostały przedstawione w publikacjach (zał. 3, pkt II, poz. D.3, D.4, D.6, D.7) oraz zaprezentowane na międzynarodowych konferencyjnych krajowych i zagranicznych (zał. 3, pkt II, poz. M.1 – M.3, M.5 – M.7).

Problemem zasadniczej wagi w powierzchniowych badaniach geochemicznych jest sposób poboru reprezentatywnej próbki gazu glebowego. Jest to niezbędny warunek określający jakość, a zarazem wiarygodność otrzymywanych wyników. Doświadczenia zebrane w trakcie realizacji badań terenowych, prowadzonych pod kierunkiem dr. inż. M. Dzieniewicza zaowocowały opracowaniem optymalnego sposobu poboru próbki gazu glebowego. Wspólnie skonstruowaliśmy terenowy zestaw pomiarowy do ręcznego pobierania próbek gazowych z warstw przypowierzchniowych, który w 1997 roku zgłosiliśmy do Urzędu

Patentowego. Po prawie 5-letnim okresie badania czystości patentowej uzyskaliśmy patent PL 184080 i wzór użytkowy PL 58584 (zał. 3, pkt II, poz. B.1, C.1). Zalety tego patentu zostały docenione w roku 2005, kiedy to byliśmy nominowani przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. St. Staszica w Krakowie do Nagrody Gospodarczej Prezydenta RP w kategorii „Wynalazek w dziedzinie produktu lub technologii”. Na podkreślenie zasługuje fakt, że wynalazek ten od roku 2002 jest przedmiotem umowy licencyjnej pomiędzy Akademią Górniczo-Hutniczą im. St. Staszica w Krakowie a Polskim Górnictwem Naftowym i Gazownictwem S.A. Oddziałem Zakładem Robót Górniczych w Krośnie.

Poza udziałem w prospekcyjnym wykorzystaniu powierzchniowych badań geochemicznych w latach 1994-2004 uczestniczyłem również w powierzchniowych badaniach geochemicznych realizowanych pod kątem ochrony środowiska. Badania te dotyczyły szczelności otworów wiertniczych, szczelności podziemnych magazynów gazu i gazociągów, monitoringu zagrożeń środowiska związanych ze składowaniem odpadów komunalnych i przemysłowych (zał. 4, pkt M, poz. M.8-M.10, M.19, M.21, M.26, M.29, M.30, M.32–M.35, M.37-M.45). Wyniki wybranych badań zostały zaprezentowane na konferencjach krajowych i zagranicznych (zał. 3, pkt II, poz. M.4, M.5, M.8, M.10, M.12, M.13).

Niezwykle ważnym osiągnięciem okresu przed uzyskaniem stopnia doktora był udział w badaniach dotyczących oceny zagrożeń gazowych w strefie przypowierzchniowej w rejonie Wałbrzycha i Boguszowa-Gorców, związanych z likwidacją kopalń węgla kamiennego. Badania te były prowadzone pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Maciej Kotarby (AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska), a finansowane ze środków na restrukturyzację górnictwa przez Wałbrzyskie Kopalnie Węgla Kamiennego w Likwidacji (zał. 4, pkt M, poz. M.31, M.32, M.33). Kompleksowa analiza rozkładu anomalnych wielkości stężeń metanu i dwutlenku węgla w strefie przypowierzchniowej oraz ich charakterystyka genetyczna pozwoliła na rozpoznanie mechanizmów powstawania zagrożeń gazowych. Badania umożliwiły monitorowanie zagrożeń i ich likwidację przez wykonanie otworów degazujących. Wypracowana metodyka badań pozwala na prognozowanie i ocenę stopnia zagrożeń gazowych w strefach przypowierzchniowych nie tylko w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym, ale również w innych zagłębiach węglowych na świecie. Wstępne wyniki tych badań były zaprezentowane na konferencjach (zał. 3, pkt II, poz. M.9, M.12, M.13) oraz zostały opublikowane jako rozdział w monografii (zał. 3, pkt II, poz. D.8). Natomiast całość wyników uzyskanych w okresie prawie 5 letnich badań przeprowadzonych w rejonie Wałbrzycha i Boguszowa-Gorców zawarto w monografii wydanej pod edycją prof.

dr hab. inż. Macieja Kotarby, na którą składa się 13 rozdziałów. Zasadniczy blok tej monografii tworzy 6 rozdziałów, których jestem współautorem (zał. 3, pkt II, poz. D.9 – D.14). Jako członek zespołu badawczego, wnoszący istotny wkład we wspomniane badania geochemiczne oraz powstanie monografii, w roku 2004 zostałem nagrodzony zespołową nagrodą Premiera RP.

Materiał faktograficzny zgromadzony w okresie ponad 15 lat pracy oraz doświadczenie w zakresie prowadzenia powierzchniowych badań geochemicznych zaowocowały rozprawą doktorską pt. „*Wpływ wybranych parametrów środowiska opróbowania na gazowe wskaźniki przypowierzchniowe w prospekcyjnych naftowych badaniach geochemicznych*”, której promotorem był dr hab. inż. Wojciech Strzetelski (prof. AGH). Celem pracy było wyznaczenie optymalnej głębokości poboru prób gazu glebowego, dla uzyskania wiarygodnego obrazu anomalnego pochodzącego od wgłębnych akumulacji węglowodorów, a także wykazanie jaki jest wpływ szaty roślinnej i wilgotności strefy opróbowania na wielkość i rozkład rejestrowanych anomalii. Pracę oparto na wynikach analiz chromatograficznych prawie 4000 próbek powietrza glebowego, pobranych przy zastosowaniu opatentowanej metodyki (zał. 3, pkt II, poz. B.1, C.1). Opracowano matematyczny sposób wyeliminowania zakłóceń z obrazu anomalnego oraz przeprowadzono przykładową reinterpretację powierzchniowych anomalii metanowych uzyskanych nad złożem gazu ziemnego Tarchały.

### **Okres po uzyskaniu stopnia doktora**

Pokłosiem pracy doktorskiej było opublikowanie artykułu (zał. 3, pkt II, poz. D.22) poświęconego optymalizacji głębokości opróbowania geochemicznego realizowanego metodą gazu wolnego. Wyniki zawarte w rozprawie doktorskiej były podstawą do kontynuacji badań dotyczących możliwości oceny wpływu różnorodnych czynników zakłócających powierzchniowy obraz geochemiczny. Jednym z takich czynników jest zmienna wilgotność występująca w strefie opróbowania, która jak się okazuje ma istotny wpływ na rozkład stężeń metanu w strefie przypowierzchniowej. W tym zakresie znacząco uzupełniłem analizę statystyczną wykonaną w mojej rozprawie doktorskiej, a efektem tych prac była publikacja, która ukazała się w czasopiśmie *Journal of Petroleum Science and Engineering* (zał. 3, pkt II, poz. A.1). Innym parametrem, który teoretycznie może mieć wpływ na jakość pobranej próbki gazu glebowego jest czas, jaki upływa od momentu jej poboru w terenie do analizy w laboratorium. Według niektórych autorów wynika to z możliwości asymilacji węglowodorów przez bakterie. Wyniki badań eksperymentalnych opublikowanych wspólnie

z dr inż. M. Dzieńiewiczem (zał. 3, pkt II, poz. D.15) dowiodły, że w 25-dniowym okresie przechowywania próbek powietrza glebowego mierzone mikrosteżenia metanu i sumy alkanów C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> nie uległy istotnym zmianom. Potwierdziło to, że opatentowany sposób ich poboru (zał. 3, pkt II, poz. B.1, C.1) oraz przechowywanie w szklanych pojemnikach w równowadze z nasyconym roztworem NaCl zapewniają im sterylność.

Prace badawcze nad oceną wpływu przypowierzchniowych czynników zakłócających obraz geochemiczny są nadal przeze mnie kontynuowane. Jest to możliwe dzięki wsparciu finansowemu z Narodowego Centrum Nauki w ramach grantu pt.: „Zmienność antropogenicznego pola węglowodorów gazowych w utworach przypowierzchniowych w zależności od warunków geologicznych i fizjograficznych” (2010-2013), którego jestem kierownikiem (zał. 3, pkt II, poz. J.9). Celem grantu jest zbadanie oraz określenie jakościowych i ilościowych relacji pomiędzy zmiennością rozkładu węglowodorów gazowych w gazie glebowym, a cechami geologicznymi i fizyko-chemicznymi utworów budujących strefę przypowierzchniową. W oparciu o dotychczasowe wyniki badań zrealizowanych w ramach tego grantu, przygotowałem i złożyłem do czasopisma *Geoderma* (IF=2,318) publikację: *Sechman H., Mościcki J., Dzieńiewicz M. Pollution of near-surface zone in the vicinity of oil wells*. Publikacja ta jest obecnie po recenzjach i aktualnie czekam na decyzję Edytora.

Kolejnym ważnym zagadnieniem, na którym skupiłem swoją uwagę po uzyskaniu stopnia doktora, był sposób matematycznej obróbki wyników. Należy zaznaczyć, że prace w tym zakresie wspólnie z dr inż. M. Dzieńiewiczem podjęliśmy wcześniej (zał. 3, pkt II, poz. M.11), a w niektórych naszych publikacjach pojawiały się krótkie informacje na temat zastosowanej metodyki (np. zał. 3, pkt II, poz. A.1). Jednak dopiero w roku 2011 opublikowaliśmy w czasopiśmie *Journal of Petroleum Science and Engineering* (zał. 3, pkt I, poz. S.4) pełny sposób matematycznej obróbki wyników badań, uzupełniony o dodatkowe elementy, w tym zmodyfikowaną iteracyjną metodę wyznaczania wartości tła geochemicznego. Metoda przedstawiona przez nasz zespół zapewnia poprawne i precyzyjne wyznaczenie wartości tła, określenie progu anomalnego, a także zasięgu występowania anomalii, co ma bardzo istotne znaczenie dla interpretacji wyników powierzchniowych badań geochemicznych.

W roku 2005 minęło 75 lat od momentu pierwszego zastosowania powierzchniowych metod geochemicznych w prospekcji naftowej. Wydarzenie to było inspiracją do napisania artykułu na temat historii rozwoju powierzchniowych metod geochemicznych (zał. 3, pkt II, poz. D.16). W oparciu o wybraną literaturę, a także doświadczenie i zdobytą wiedzę

przedstawiłem historię rozwoju powierzchniowych metod geochemicznych oraz ich znaczenie dla poszukiwań naftowych na świecie.

Jednym z istotnych kierunków mojej działalności naukowej po uzyskaniu stopnia doktora było podjęcie wszechstronnej i szczegółowej analizy wyników powierzchniowych badań geochemicznych, które były wykonane głównie dla PGNiG przed rokiem 2004. Z jednej strony wynikało to z ciągłego poszerzania wiedzy i doskonalenia mojego warsztatu badawczego, a z drugiej było determinowane nową jakością wyników badań sejsmicznych, pozwalających obecnie na lepsze odwzorowanie wgłębnej budowy geologicznej. Wstępne wyniki tego typu badań reinterpreacyjnych zostały zawarte w pracach magisterskich napisanych pod moim kierunkiem (zał. 4, pkt J), a także zostały przedstawione przez nasz zespół na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych (zał. 3, pkt II, poz. L.1, L.4, L.5 oraz M.14, M.16, M.20, M.22). Na konferencjach *European Association of Geoscientists & Engineers (EAGE)* występowałem w roli spikera, prezentując wyniki badań. Z uwagi na fakt, że dysponowałem dużym materiałem faktograficznym pochodzącym prawie ze wszystkich obszarów ropo-gazonośnych Polski, do przeprowadzenia szczegółowej analizy wybrałem wyniki pochodzące z perspektywnego obszaru Drzonowo-Biała (Pomorze Zachodnie), rejonu kilku udokumentowanych złóż węglowodorów w rejonie Nowego Tomysła (monoklina przedsudecka) oraz rejonu Morawsko-Radymno (zapadlisko przedkarpaccie). Interpretacja wyników tych badań została zaprezentowana w publikacjach składających się na część mojego osiągnięcia naukowego (zał. 3, pkt I, poz. S.5, S.6, S.7) i została szczegółowo opisana w punkcie 4c niniejszego autoreferatu.

Badania wykonane w rejonie Drzonowo-Biała (zał. 3, pkt I, poz. S.5) oraz w rejonie udokumentowanych złóż węglowodorów w rejonie Nowego Tomysła (zał. 3, pkt I, poz. S.6) były wykonane na zlecenie Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa S.A. Natomiast w rejonie Morawsko-Radymno badania zostały zrealizowane w ramach projektu celowego KBN pt.: „*Lokalizacja złóż gazu ziemnego w utworach miocenu wschodniej części zapadliska przedkarpacciego*” (zał. 3, pkt II, poz. J.3), w którym byłem głównym wykonawcą. Wstępne wyniki tych badań zaprezentowałem jako spiker na konferencji krajowej (zał. 3, pkt II, poz. M.14) oraz międzynarodowej konferencji EAGE w Madrycie (zał. 3, pkt II, poz. L.1, M.16).

W latach 2007-2008, jako główny wykonawca, uczestniczyłem w międzynarodowym projekcie badawczym finansowanym ze środków KBN pt.: „*Badania transgraniczne wgłębnych struktur geologicznych brzeżnej strefy Karpat w aspekcie odkryć i udostępnienia nowych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego*” (zał. 3, pkt II, poz. J.7). Wstępne wyniki tych badań zaprezentowałem na Pierwszym Polskim Kongresie Geologicznym (zał. 3, pkt II, poz.

M.21) i przedstawiłem w publikacji (zał. 3, pkt II, poz. D.23). Natomiast interpretację całości wyników badań wykonanych na obszarze Polski i Ukrainy zawierają publikacje składające się na część mojego osiągnięcia naukowego (zał. 3, pkt I, poz. S.1, S.2). Zostały one szczegółowo opisane w punkcie 4c autoreferatu. W przyszłości zamierzam podjąć prace naukowe w kierunku skorelowania wyników regionalnych powierzchniowych badań geochemicznych wykonanych na obszarze polskich i ukraińskich Karpat zewnętrznych z dotychczasowymi wynikami modelowań systemów naftowych z tego rejonu, przeprowadzonych przez zespół prof. dr hab. inż. J. Kuśmierka.

Równoległe do badań zmierzających do udoskonalania metodyki interpretacji wyników powierzchniowych badań geochemicznych stosowanych w poszukiwaniach złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, po uzyskaniu stopnia doktora, kontynuowałem i rozwijałem drugi główny kierunek moich zainteresowań naukowych, a mianowicie zastosowanie tych badań **w ochronie środowiska**. W latach 2004-2006, jako główny wykonawca, brałem udział w dwóch grantach finansowanych ze środków KBN pt: „*Powierzchniowe badania geochemiczne w wybranych obszarach Górnośląskiego i Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego w aspekcie zagrożeń gazowych związanych z likwidacją kopalń*” oraz „*Charakterystyka genetyczna gazów złożowych i przypowierzchniowych w wybranych obszarach Górnośląskiego i Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego w świetle badań izotopowych*” (zał. 3, pkt II, poz. J.4, J.5). Celem projektów było stwierdzenie obecności metanu i dwutlenku węgla w strefie przypowierzchniowej w obszarach likwidowanych kopalń węgla kamiennego, przy zastosowaniu badań geochemii powierzchniowej, ocena źródeł pochodzenia zarejestrowanych gazów w oparciu o badania izotopowe oraz ocena stopnia zagrożenia środowiska naturalnego gazami złożowymi (metanem i dwutlenkiem węgla). Wymiernym efektem podjętych badań było dopracowanie i uściślenie metodyki pomiarów powierzchniowych badań geochemicznych, co pozwoliło na określenie i ocenę stopnia zagrożeń gazowych związanych z likwidacją kopalń w strefie przypowierzchniowej nieckie wałbrzyskiej Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego oraz w niecce noworudzkiej tego Zagłębia, a także w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. W przypadku pomiarów w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym badania te były kontynuacją prac zapoczątkowanych w roku 1997, a na obszarze Górnego Śląska były to pierwsze tego typu badania. Wyniki badań zostały opublikowane (zał. 3, pkt II, poz. D.21), zaprezentowane na *Warsztatach Górniczych* (zał. 3, pkt II, poz. M.19) oraz międzynarodowej konferencji *EAGE (Near-Surface)* w Helsinkach (zał. 3, pkt II, poz. M.17), na której prezentowałem wyniki jako spiker. Znaczącym osiągnięciem prac przeprowadzonych w Dolnośląskim i Górnośląskim Zagłębiu



Węglowym było opatentowanie w roku 2010 oryginalnej metodyki pozwalającej na oszacowanie wielkości strumienia gazów dopływających do strefy przypowierzchniowej (zał. 3, pkt II, poz. B.2). W przyszłości zamierzam kontynuować i rozwijać ten kierunek badań, tym bardziej, że opracowana metodyka pomiarów emisji znajduje obecnie zastosowanie w wielu innych obszarach wiedzy (np. sekwestracja CO<sub>2</sub>, badanie efektów szczelinowania hydraulicznego podczas eksploatacji gazu łupkowego).

Od 1995 roku nieprzerwanie uczestniczę w badaniach dotyczących monitoringu geochemicznego największych w Polsce podziemnych magazynów gazu (Wierzchowice i Mogilno) (zał. 4, pkt M, poz. M.19, M.21, M.44, M.47, M.48, M.51, M.56, M.57), a także wyznaczenia pierwotnego tła gazowego nad nowo uruchamianymi magazynami (Henrykowice, Kosakowo) (zał. 4, pkt. M, poz. M.53, M.60). Niestety ze względu na poufność danych obecnie nie jest możliwe opublikowanie wyników tych badań. Kontynuowane są również badania w zakresie szczelności otworów naftowych (zał. 3, pkt II, poz. D.20, L.3, M.18, zał. 4, pkt M, poz. M.51, M.54, M.57, M.59, M.61).

W latach 2004-2005 wchodziłem w skład zespołu kierowanego przez prof. dr hab. inż. M. Kotarbę realizującego, unikatowe w skali świata, badania naukowe w rejonie Staruni na obszarze Karpat Ukraińskich. Badania te prowadzone były we współpracy z Uniwersytetem Technicznym Ropy i Gazu w Iwano-Frankowsku. Celem tych badań było scharakteryzowanie środowiska geologicznego na obszarze Staruni. Efektem pracy interdyscyplinarnego zespołu badawczego była monografia składająca się z 18 rozdziałów, z których w trzech jestem współautorem (zał. 3, pkt II, poz. D.17, D.18, D.19). Niewątpliwą zaletą każdej z tych prac jest połączenie co najmniej dwóch różnych metod badawczych. W pierwszej publikacji (zał. 3, pkt II, poz. D.17) przedstawiono wyniki wstępnych powierzchniowych badań geochemicznych oraz płytkich pomiarów termicznych. W drugiej (zał. 3, pkt II, poz. D.18), na podstawie składu cząsteczkowego gazów glebowych oraz przy zastosowaniu badań izotopowych przeprowadzono ich identyfikację genetyczną. Natomiast w trzeciej (zał. 3, pkt II, poz. D.19) przedstawiono charakterystykę mikrobiologiczną utworów przypowierzchniowych do głębokości 4 m wraz z rozkładem stężeń węglowodorów, dwutlenku węgla i wodoru. Ta ostatnia publikacja została napisana we współpracy z zespołem prof. dr hab. Wiesława Barabasza (Uniwersytet Rolniczy w Krakowie). Z kolei wyniki powierzchniowych badań geochemicznych, badań izotopowych i geoelektrycznych zostały opublikowane w czasopiśmie *Geology* wydawanego przez *Geological Society of America* (zał. 3, pkt II, poz. A.2). W latach 2007-2009 badania w Staruni były kontynuowane dzięki dofinansowaniu w ramach projektu badawczego specjalnego nr Ukraina/57/2006 (zał.

3, pkt II, poz. J.8). W ramach tego projektu uczestniczyłem w szczegółowych powierzchniowych badaniach geochemicznych, których wyniki zostały opublikowane w czasopiśmie *Annales Societatis Geologorum Poloniae* w postaci trzech artykułów. Pierwszy z nich (zał. 3, pkt I, poz. S.3) stanowi część mojego osiągnięcia naukowego i został szczegółowo opisany w punkcie 4c autoreferatu. Drugi (zał. 3, pkt II, poz. A.3) zawiera analizę i interpretację wyników składu cząsteczkowego i izotopowego gazów pobranych z głębokości do 4,0 m. W tym przypadku próbki gazu pobierano za pomocą opatentowanego (zał. 3, pkt II, poz. B.1, C.1) i odpowiednio zmodyfikowanego zestawu pomiarowego. Natomiast trzeci artykuł zawiera interpretację wyników badań składu cząsteczkowego i izotopowego gazów uzyskanych z desorpcji urobku skalnego i rdzeni pochodzących z otworów odwierconych do głębokości 12 m. Kompleksowa analiza wykonanych badań geochemicznych na obszarze byłej kopalni wosku ziemnego w Staruni stanowiła przyczynek do określenia miejsc przyszłych prac wykopaliskowych na tym terenie.

Podsumowując wyniki mojej działalności naukowej w okresie po **uzyskaniu stopnia doktora (od 2004 roku)** należy stwierdzić, że jestem współautorem jednego patentu oraz autorem lub współautorem 21 publikacji recenzowanych, w tym 9 w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR). Sumaryczny *impact factor* tych publikacji wynosi 12,339. Ilość cytacji moich prac w czasopismach o obiegu światowym (wg zestawień w Science Citation Index) do chwili obecnej wynosi 23, a z uwzględnieniem samocytacji 42. Cytowanych jest obecnie 8 prac. Poza tym jestem współautorem 10 opublikowanych abstraktów konferencyjnych i 24 opracowań naukowo badawczych dla przemysłu. W okresie tym uczestniczyłem w 5 projektach badawczych jako główny wykonawca, a jednego jestem kierownikiem. W 8-letnim okresie mojej pracy dydaktycznej na stanowisku adiunkta wypromowałem 29 magistrantów i 20 inżynierów. Prowadziłem zajęcia dydaktyczne z kilkunastu przedmiotów, a także do wielu z nich przygotowywałem programy nauczania.

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora zostałem kilkakrotnie nagradzany za swoją działalność naukową. W roku 2004 zostałem nagrodzony zespołową nagrodą Premiera RP za wybitne krajowe osiągnięcie naukowo-techniczne, którego wdrożenie przyniosło wymierne efekty ekonomiczne i społeczne. W roku 2006 zostałem uhonorowany zespołową Nagrodą Ministra Środowiska za znaczący wkład w realizację polskich i ukraińskich badań geologicznych w Staruni – na obszarze odkrycia nosorożców włochatych. Natomiast moje

publikacje naukowe, które ukazały się w roku 2009 i 2011 były nagradzane Nagrodami Rektora AGH za działalność naukową.

Ważnym elementem mojego warsztatu naukowego jest znajomość metodyki opróbowania terenowego dostosowanej do celu rozwiązywanego zadania. W tym zakresie, stosując autorskie, opatentowane rozwiązania, posiadam umiejętność poboru reprezentatywnych próbek gazu glebowego i gleby z głębokości od 0 do 4 m, a także metodykę poboru próbek wody. Znam w teorii i praktyce instrumentalne metody analizy chemicznej, a przede wszystkim chromatografię gazową. Na uwagę zasługuje fakt, że w czasie mojej działalności naukowej uczestniczyłem w pracach terenowych, których efektem było opróbowanie kilkudziesięciu tysięcy punktów pomiarowych, a pobrane w nich próbki gazu glebowego przeanalizowałem chromatograficznie.

Za swoje **najważniejsze osiągnięcia** uważam uzyskanie patentu oraz opublikowanie wyników moich badań w 9 artykułach w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR). Należy zaznaczyć, że od momentu ukazania się pierwszego z nich w roku 2007, były one cytowane już 23 razy (bez autocytacji). Świadczy to o zainteresowaniu środowiska naukowego przedstawioną przeze mnie problematyką. Dowodem na to są trzy recenzje publikacji, które wykonałem w roku 2012 do prestiżowych czasopism naukowych (zał. 4, poz. P).

Wiedzę i umiejętności zdobyte w okresie ponad 25 lat pracy naukowo-badawczej i dydaktycznej zamierzam dalej rozwijać w kierunku doskonalenia, poszerzania i popularyzacji w Polsce i na świecie powierzchniowych metod geochemicznych, stosowanych w prospekcji naftowej i ochronie środowiska.

*Henryk Sedman*