

dr Marzena Szostakiewicz-Hołownia
Uniwersytet Warszawski
Wydział Geologii
ul. Żwirki i Wigury 93
02-089 Warszawa
marzena.szostakiewicz@uw.edu.pl

Załącznik 2a

do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

A U T O R E F E R A T

przedstawiający główne osiągnięcie naukowe
„Systemy hydrogeochemiczne zlewni górskich o różnej litologii”
oraz omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Warszawa, 2018 r.

1. **Imię i nazwisko:** Marzena Julita Szostakiewicz-Hołownia
(do 2008 r. posługiwałam się nazwiskiem **Szostakiewicz**)
2. **Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.**

Dyplom magistra (z wyróżnieniem) – 2001 r., Wydział Geologii Uniwersytetu Warszawskiego,

tytuł pracy magisterskiej: „Krażenie i drenaż wód podziemnych pienińskiego pasa skałkowego na odcinku Przełom Białki – ujście Niedziczanki”

promotor: dr hab. Włodzimierz Humnicki

Stopień doktora – 2006 r., Wydział Geologii Uniwersytetu Warszawskiego,

tytuł rozprawy doktorskiej: „Ocena denudacji chemicznej w wybranych zlewniach Karpat wewnętrznych”

promotor: prof. dr hab. Jerzy Małecki

recenzenci: prof. dr hab. Aleksandra Macioszczyk (Uniwersytet Warszawski)

prof. dr hab. inż. Jacek Motyka (Akademia Górniczo-Hutnicza)

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

2001–2006 doktorantka w Zakładzie Hydrogeologii, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Wydział Geologii Uniwersytetu Warszawskiego

2006–2017 adiunkt w Zakładzie Hydrogeologii, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Wydział Geologii Uniwersytetu Warszawskiego

(w tym urlop macierzyński lipiec 2010 r. – styczeń 2011 r.)

2017–rec. starszy wykładowca w Zakładzie Hydrogeologii, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Wydział Geologii Uniwersytetu Warszawskiego

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. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

4a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Systemy hydrogeochemiczne zlewni górskich o różnej litologii.

4b) Autor, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzent wydawniczy,

Szostakiewicz-Hołownia Marzena, 2018 – Systemy hydrogeochemiczne zlewni górskich o różnej litologii, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, s. 1-171

recenzent wydawniczy: prof. AGH dr hab. inż. Stanisław Witczak

4c) Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

CEL NAUKOWY PROWADZONYCH BADAŃ

Procesy hydrogeochemiczne, zachodzące pomiędzy wodami podziemnymi, środowiskiem skalnym oraz będącymi z nimi w kontakcie gazami, często rozpatruje się jednostkowo, opisując prawami fizycznymi lub chemicznymi. Jednakże procesy te są wzajemnie powiązane i współzależne, zatem pełny opis zjawisk zachodzących w przestrzeni hydrogeologicznej wymaga podejścia holistycznego. W całościowym postrzeganiu procesów i zjawisk stosuje się podejście systemowe. Z tego względu w literaturze, w opisie złożoności procesów i zjawisk zachodzących pomiędzy wodami podziemnymi, środowiskiem skalnym oraz gazami, często używane jest pojęcie systemu hydrogeochemicznego. Pojęcie to stosowane jest jednak dość intuicyjnie. Celem naukowym prowadzonych badań był opis systemu hydrogeochemicznego zlewni górskiej w ujęciu ogólnej teorii systemów. Stworzoną koncepcję systemu hydrogeochemicznego, wykorzystano w praktyce do scharakteryzowania warunków hydrogeochemicznych występujących w trzech zlewniach górskich o różnej litologii oraz do ilościowej oceny denudacji chemicznej w tych zlewniach.

SYSTEM HYDROGEOCHEMICZNY

System, to celowo określony zbiór elementów oraz relacji zachodzących między tymi elementami i pomiędzy ich właściwościami (Mynarski, 1979; Szymanko, 1980). Ogólną, matematyczną definicję systemu określił Patzak (1982). Zgodnie z tą definicją system (S) to zespół (Z) współdziałających ze sobą elementów (E), stanowiący celowo zorientowaną całość (1).

$$S = Z(E, A, R); \quad E = [E_1, \dots, E_n]; \quad A = [A_1, \dots, A_m]; \quad R = [R_1, \dots, R_r] \quad (1)$$

gdzie:

E – zbiór elementów systemu,

A – zbiór atrybutów (właściwości),

R – zbiór relacji między elementami i atrybutami.

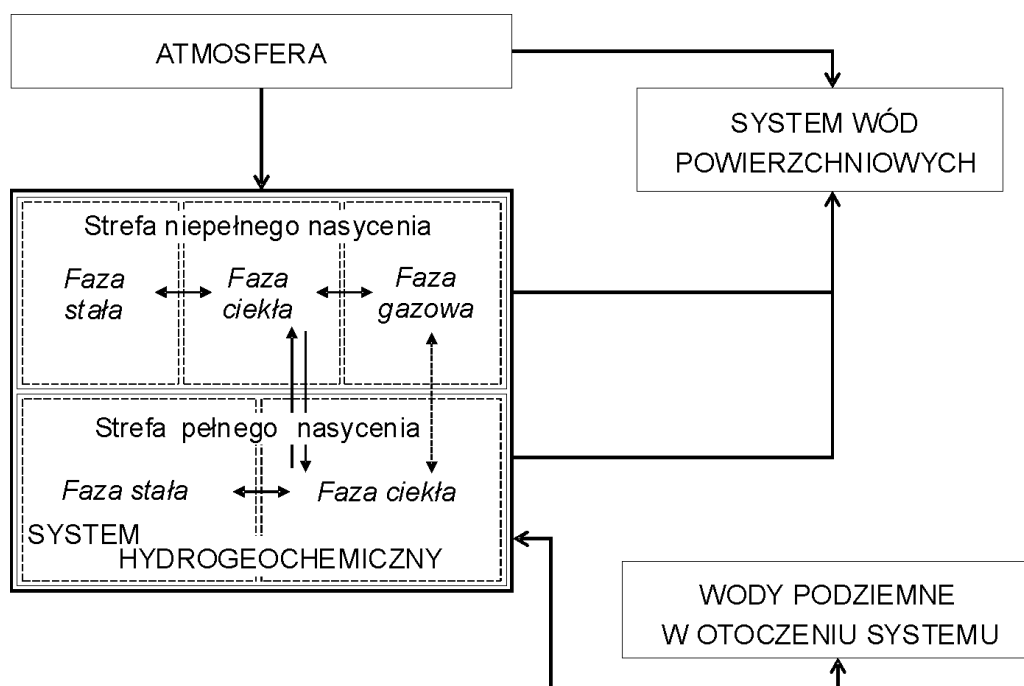
System składa się z $n > 1$ elementów (E), które mogą mieć $m \geq n$ atrybutów (A), uczestniczących w $r \geq n-1$ relacjach (R) (Patzak, 1982). W nawiązaniu do tej definicji, charakteryzując system hydrogeochemiczny zlewni górskiej, wyróżniono jego elementy. Do każdego z elementów przypisano atrybuty i określono relacje łączące elementy systemu. System z otoczenia wydzielono poprzez wyróżnienie jego elementów i określenie powierzchni brzegowej. Przedstawiono relacje pomiędzy systemem hydrogeochemicznym a otoczeniem (Szostakiewicz-Hołownia 2018).

Elementy systemu hydrogeochemicznego

W systemie hydrogeochemicznym zlewni górskiej wyróżniono pięć zasadniczych elementów: fazę stałą strefy niepełnego nasycenia, fazę ciekłą strefy niepełnego nasycenia, fazę gazową strefy niepełnego nasycenia oraz fazę stałą strefy pełnego nasycenia i fazę ciekłą strefy pełnego nasycenia (ryc. 1). Wydzielono dwie strefy, ponieważ w strefie niepełnego nasycenia występują trzy fazy: stała, ciekła i gazowa, natomiast strefa pełnego nasycenia jest ośrodkiem dwufazowym (faza stała i ciekła).

W strefie pełnego nasycenia gazy występujące w wodach podziemnych w zależności od rozpuszczalności dzieli się na dwie grupy: gazy łatwo rozpuszczalne (na przykład CO_2 i H_2S) i gazy trudno rozpuszczalne. Gazy łatwo rozpuszczalne reagują chemicznie z wodą, tworząc silnie dysocjujące związki. Gazy trudno rozpuszczalne występują w wodzie w formie roztworów cząsteczkowych, co warunkuje ich stabilność chemiczną (Macioszczyk, Dobrzyński, 2002). Z tego względu gazy w strefie pełnego nasycenia uznano za atrybut fazy ciekłej, jednocześnie zdając sobie sprawę, iż w czasie krążenia wód w skałach

może nastąpić zmiana warunków hydrogeochemicznych, wpływając na stan równowagi roztworu, czego skutkiem może być wydzielanie gazu i powstanie ośrodka trójfazowego.



Ryc. 1. Schemat systemu hydrogeochemicznego zlewni górskiej i jego relacji z otoczeniem

Atrybuty elementów systemu hydrogeochemicznego

Faza stała. Atrybutami fazy stałej w systemie hydrogeochemicznym zarówno w strefie niepełnego, jak i pełnego nasycenia są skład mineralny utworów będących w kontakcie z wodami podziemnymi oraz skład jonowy kompleksu wymiennego.

Faza ciekła. Atrybutem fazy ciekłej jest chemizm wód strefy pełnego i niepełnego nasycenia, obejmujący właściwości fizykochemiczne (temperaturę, odczyn, potencjał utleniająco-redukcyjny) i skład chemiczny.

Faza gazowa. Atrybutami fazy gazowej są ciśnienia parcjalne (cząstkowe) poszczególnych gazów występujących w ich mieszaninie w danej temperaturze (Szostakiewicz-Hołownia 2018).

Relacje pomiędzy elementami systemu hydrogeochemicznego

Relacje pomiędzy fazą stałą i ciekłą (ryc. 1) zarówno w strefie pełnego, jak i niepełnego nasycenia opisują procesy chemiczne i fizykochemiczne. W wyniku tych procesów wody podziemne mogą być wzbogacane o pewne substancje (np. procesy rozpuszczania, hydrolizy,

karbonatyzacji, desorpcji) lub zubażane (np. procesy wytrącania, sorpcji). Relacje pomiędzy fazą ciekłą i stałą opisują prawa termodynamiki i kinetyki.

Relacje pomiędzy fazą gazową a fazą ciekłą (ryc. 1) w strefie niepełnego nasycenia opisuje prawo Henry'ego. W przypadku gazów łatwo reagujących z wodą (np. CO₂ czy SO₂) (Langmuir, 1997) przy opisie relacji faza ciekła – faza gazowa w strefie niepełnego nasycenia powinny być również uwzględniane reakcje chemiczne z wodą, w wyniku których powstają silnie dysocjujące związki.

W ograniczonym stopniu występuje również relacja pomiędzy fazą gazową ze strefy niepełnego nasycenia a fazą ciekłą w strefie pełnego nasycenia (ryc. 1). Relacja ta zachodzi jedynie w strefie bezpośredniego kontaktu gaz – roztwór i jest ona opisana tymi samymi prawami, co relacja faza ciekła – faza gazowa w strefie niepełnego nasycenia.

W strefie niepełnego nasycenia zachodzą również procesy pomiędzy fazą gazową a fazą stałą. Minerale występujące w fazie stałej pod wpływem gazów ulegają wietrzeniu chemicznemu. W wyniku procesów wietrzeniowych z pierwotnych minerałów mogą powstawać minerały wtórne. Zjawisko to może powodować wzbogacenie składu mineralnego fazy stałej o minerały wtórne. Minerale wtórne, podobnie jak pierwotne, będą wpływały na chemizm wód podziemnych. Z tego względu zdecydowano, że w opisie systemu hydrogeochemicznego relacja pomiędzy fazą stałą w strefie niepełnego nasycenia a fazą gazową zostanie uwzględniona pośrednio za pomocą składu mineralnego fazy stałej, obejmującego zarówno minerały pierwotne, jak i wtórne, traktowane jako atrybuty tej fazy (Szostakiewicz-Hołownia 2018).

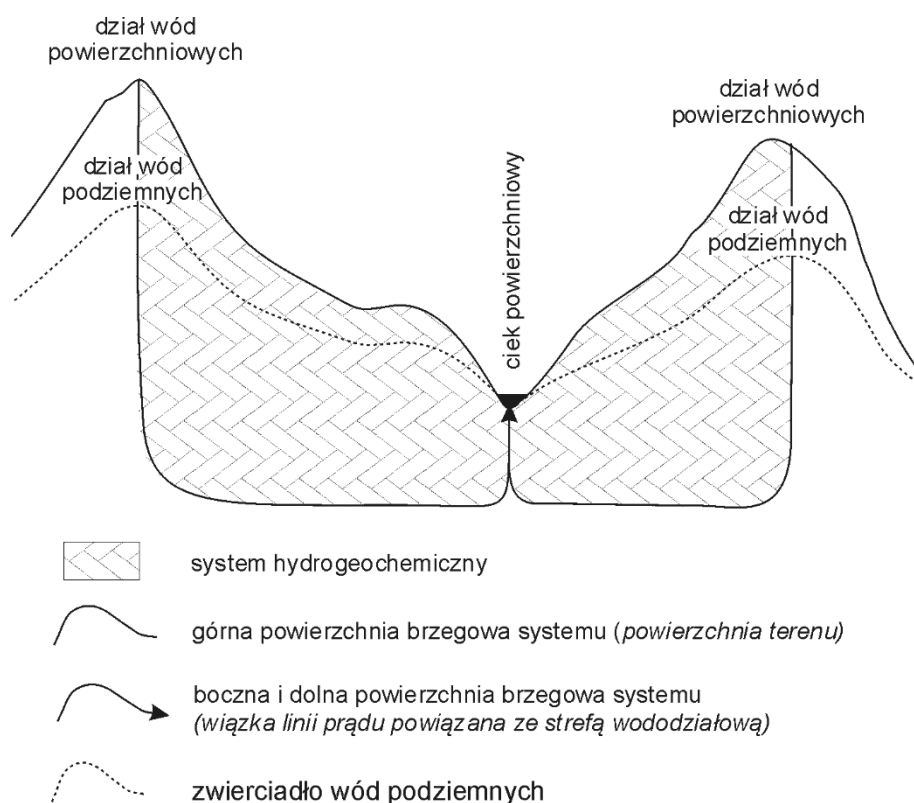
Relacja pomiędzy fazą ciekłą w strefie niepełnego nasycenia a fazą ciekłą w strefie pełnego nasycenia (ryc.1). W zlewni górskiej dominującą relacją łączącą te elementy jest zasilanie, zachodzące na drodze przesączania wód ze strefy niepełnego nasycenia do strefy pełnego nasycenia. O wielkości zasilania decyduje również parowanie z powierzchni płytko występującego zwierciadła wód podziemnych. Parowanie jest fizyczną przemianą wody z fazy ciekłej w gazową, skutkującą wzrostem stężenia substancji rozpuszczonych w roztworze.

Powyższy opis relacji zachodzących pomiędzy elementami systemu z konieczności jest w pewien sposób uproszczony, ponieważ w zlewniach górskich dostępność punktów badawczych z reguły jest niewielka. Umożliwiają one pozyskanie jedynie punktowej informacji o stanie wewnętrznym systemu oraz obserwację wejść i wyjść z systemu. W przyjętym schemacie nie rozpatrywano jednostkowo, na przykład wpływu organizmów żywych czy mieszania się wód na rozpuszczanie lub wytrącanie faz stałych lub gazowych z roztworu, lecz ich rolę oceniono pośrednio przez wskazanie, jakie procesy (jakościowo i ilościowo)

musiały zajść w systemie, aby z roztworu obserwowanego na wejściu otrzymano roztwór obserwowany na wyjściu z systemu (Szostakiewicz-Hołownia 2018).

Powierzchnia brzegowa systemu hydrogeochemicznego

System, jako całość, jest przeciwstawiany otoczeniu. Granicą systemu jest powierzchnia brzegowa, poprzez którą opisuje się relacje pomiędzy systemem a otoczeniem (Szymanko, 1980). Opis relacji polega na przypisaniu do powierzchni brzegowej określonych stanów wejściowych i wyjściowych. Pole hydrodynamiczne determinuje geometrię powierzchni brzegowej, a stany wejściowe i wyjściowe są konsekwencją zarówno pola hydrodynamicznego, jak i hydrochemicznego. W przypadku, kiedy wydzielonym systemem hydrogeochemicznym jest zlewnia, przestrzenny układ powierzchni brzegowej może być określony na podstawie kryterium hydrodynamicznego. System hydrogeochemiczny może być traktowany jako wycinek przestrzeni hydrogeologicznej obejmujący zlewnię podziemną wraz z przylegającą do niej strefą niepełnego nasycenia. Górna powierzchnia brzegowa może być odniesiona do powierzchni terenu. Boczna powierzchnię brzegową wyznacza przebieg wododziałów podziemnych konturujących zlewnię. Wiązka linii prądu powiązana ze strefą wododziałową wyznacza dolną powierzchnię brzegową (ryc. 2).



Ryc. 2. Schemat powierzchni brzegowej systemu hydrogeochemicznego zlewni górskiej

W strefie pełnego nasycenia system hydrogeochemiczny zlewni geometrycznie pokrywa się zatem z systemem wodonośnym zlewni w rozumieniu Szymanki (1980). Jeżeli system wodonośny znajduje się w stanie ustalonym, to boczną i dolną powierzchnię brzegową można traktować hydrodynamicznie jak granice szczelne. Oznacza to, że stany wejściowe i wyjściowe przypisane do tego fragmentu powierzchni brzegowej wynikają wyłącznie z gradientów stężeń, a relacja z otoczeniem odpowiada natężeniu strumienia dyfuzyjnego na kierunku normalnym do powierzchni brzegowej. Gradienty stężeń w otoczeniu bocznej i dolnej powierzchni brzegowej mogą wynikać ze zróżnicowania składu mineralnego ośrodka skalnego. Nie bez znaczenia jest także przestrzenne zróżnicowanie pokrycia powierzchni terenu w otoczeniu wododziału, które wpływa na chemizm wód infiltracyjnych. Gradienty stężeń w otoczeniu dolnej powierzchni brzegowej mogą wynikać także z pionowej strefowości hydrochemicznej (Szostakiewicz-Hołownia 2018).

Wpływów hydrodynamicznych nie można natomiast pominąć w przypadku górnej powierzchni brzegowej. Strumień masy warunkowany jest w tym przypadku przez natężenie zasilania i drenażu oraz stężenie substancji rozpuszczonych w wodzie. Czynniki te łącznie można opisać ilościowo jako ładunek, czyli masę substancji wnoszonej (wejście do systemu) lub wynoszonej (wyjście z systemu) w jednostce czasu. Wejście do systemu jest uzależnione przede wszystkim od infiltracji efektywnej. Wyjście z systemu związane jest głównie ze strefami drenażu. Strefy drenażu w zlewniach górskich powiązane są na ogół ze źródłami i potokami. Opis relacji systemu hydrogeochemicznego z otoczeniem poprzez górną powierzchnię brzegową wymaga dodatkowo uwzględnienia dyfuzyjnej wymiany gazowej pomiędzy atmosferą a fazą gazową w strefie niepełnego nasycenia (op. cit.).

Podsumowując, system hydrogeochemiczny zlewni górskiej może być rozumiany jako wycinek przestrzeni hydrogeologicznej okonturowany powierzchnią brzegową i obejmujący: ośrodek skalny, zbiorowisko wód podziemnych, a w strefie niepełnego nasycenia także mieszaninę gazów. Fazy stała, ciekła i gazowa stanowią współdziałające ze sobą elementy systemu. Relacje między elementami mogą być matematycznie opisane przez prawa fizyki i chemii oraz zależą od atrybutów przypisanych do poszczególnych elementów. Wewnętrzny stan systemu hydrogeochemicznego zależy także od jego relacji z otoczeniem. Relacja ta może być wyrażona poprzez przypisanie do powierzchni brzegowej określonych stanów wejściowych i wyjściowych (op. cit.).

CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW HYDROGEOCHEMICZNYCH ZLEWNI GÓRSKICH – ZAKRES BADAŃ

Prowadzone prace miały na celu pozyskanie danych do jak najpełniejszej charakterystyki systemów hydrogeochemicznych badanych zlewni. Badania prowadzono w latach 2012–2015. W opracowaniu wykorzystano również wyniki badań autorki (publikowane i niepublikowane), wykonywane w tym samym terenie, w latach 2002–2004 oraz 2007–2009.

Atrybuty elementów systemu hydrogeochemicznego

Identyfikację atrybutów przypisanych do elementów systemu hydrogeochemicznego umożliwiły badania terenowe i laboratoryjne, których zakres przedstawiono w tabeli 1.

Tabela. 1

Atrybuty elementów systemu hydrogeochemicznego i zakres badań umożliwiających ich charakterystykę.

Element systemu	Atrybuty	Zakres badań
<i>Faza stała</i> strefy niepełnego i pełnego nasycenia	▪ skład mineralny	- mikroskopowe badania płytek cienkich w świetle przechodzącym (n=61) - badania mikrosondą elektronową (n=6) - badania derywograficzne (n=32)
	▪ skład jonowy kompleksu wymiennego	- oznaczenia laboratoryjne (zwietrzeliny) (n=10) - modele geochemiczne (skały lite) (n=39)
<i>Faza ciekała</i> strefy niepełnego i pełnego nasycenia	▪ właściwości fizykochemiczne – temperatura – odczyn – potencjał utleniająco-redukcyjny	- badania terenowe obejmujące kwartalne pomiary: temperatury wód podziemnych, odczynu, przewodności, potencjału utleniająco-redukcyjnego (n=171) - automatyczny monitoring temperatury wód podziemnych strefy pełnego nasycenia (wody drenowane przez źródła)
	▪ skład chemiczny roztworu wodnego	- terenowe oznaczenia stężeń makroskładników wód (n=171) - laboratoryjne oznaczenia makroskładników oraz wybranych mikroskładników wód (n=171)
<i>Faza gazowa</i> strefy niepełnego nasycenia	▪ ciśnienie parcjale gazów w danych warunkach temperaturowych	- modele geochemiczne (n=41)

Otoczenie systemu hydrogeochemicznego

Charakterystykę otoczenia systemu hydrogeochemicznego umożliwił:

- monitoring właściwości fizykochemicznych (temperatura, odczyn, potencjał utleniająco-redukcyjny) i składu chemicznego opadów atmosferycznych (zakres badań zgodny z zakresem oznaczeń atrybutów fazy ciekłej strefy pełnego i niepełnego nasycenia) (n=97),
- monitoring właściwości fizykochemicznych (temperatura, odczyn, potencjał utleniająco-redukcyjny) i składu chemicznego wód powierzchniowych w przekroju hydrometrycznym zamykającym zlewnię (zakres badań zgodny z zakresem oznaczeń atrybutów fazy ciekłej strefy pełnego i niepełnego nasycenia) (n=99).

Powierzchnia brzegowa

Charakterystyka elementów i otoczenia systemu hydrogeochemicznego, warunków zasilania i drenażu wód podziemnych, umożliwiła wydzielenie badanych systemów hydrogeochemicznych z otoczenia poprzez wyznaczenie ich powierzchni brzegowej. Przy wyznaczaniu powierzchni brzegowej systemów hydrogeochemicznych posiłkowano się również bilansem wodnym zlewni oraz interpretacją oznaczeń trytu oraz izotopów stabilnych tlenu i wodoru (n= 27),(Szostakiewicz-Hołownia 2018).

Relacje system – otoczenie

Relacje system – otoczenie opisano za pomocą ładunków wnoszonych do systemu z dopływającymi wodami (stan wejściowy) i ładunków wynoszonych z systemu z drenowanymi wodami (stan wyjściowy). Ładunek to masa substancji wnoszonej do systemu lub wynoszonej z systemu w jednostce czasu. Ładunek substancji można obliczyć jako iloczyn jej stężenia i natężenia strumienia wody. Do określenia ładunków wnoszonych i wynoszonych z systemu wykorzystano:

- wyniki oznaczeń składu jonowego wód opadowych pobranych z terenu badanych zlewni, (zakres badań zgodny z zakresem oznaczeń atrybutów fazy ciekłej strefy pełnego i niepełnego nasycenia) (n=97)
- wyniki oznaczeń składu jonowego wód powierzchniowych opróbowanych w przekroju hydrometrycznym zamykającym zlewnię (zakres badań zgodny z zakresem oznaczeń atrybutów fazy ciekłej strefy pełnego i niepełnego nasycenia) (n=99)
- wyniki oznaczeń składu jonowego wód podziemnych drenowanych przez badane źródła (zakres badań zgodny z zakresem oznaczeń atrybutów fazy ciekłej strefy pełnego i niepełnego nasycenia) (n=130)

- ocenę zasilania wód podziemnych, do której pozyskano dane klimatyczne ze stacji położonych w pobliżu badanych obszarów.
- ocenę drenażu wód podziemnych, którą umożliwiły monitoringowe obserwacje wydajności wybranych źródeł oraz natężenia przepływu potoków w przekrojach hydrometrycznych zamykających zlewnie

W opisie relacji pomiędzy systemem a otoczeniem poprzez górną powierzchnię brzegową uwzględniono również wymianę gazową. Relację tę scharakteryzowano na przykładzie dwutlenku węgla. Wybrano CO₂, ponieważ gaz ten występuje powszechnie w wodach podziemnych, jednocześnie odgrywając bardzo ważną rolę w procesach hydrogeochemicznych.

Relacje wewnątrz systemu

Zebrane dane, o strukturze wewnętrznej systemu i jego relacjach z otoczeniem, posłużyły do określenia, pod względem jakościowym i ilościowym, relacji zachodzących w systemie hydrogeochemicznym. Relacje te odwzorowano modelami geochemicznymi wykonanymi w programie PHREEQC z bazą danych termodynamicznych phreeqc.dat. Zastosowano modele bilansu masy (odwrotne), umożliwiające jakościową i ilościową charakterystykę procesów, w wyniku, których z wody o początkowym składzie chemicznym otrzymano wodę o końcowym składzie chemicznym (Dobrzyński 2006, Parkhurst, Appelo 2013). Zastosowanie modeli odwrotnych umożliwiło, pośrednio, uwzględnienie w relacjach łączących elementy systemu na przykład katalitycznej roli organizmów żywych czy efektu *Mischungskorrosion*¹. Transfery masy pomiędzy fazami ciekłą, stałą i gazową, obliczone modelami geochemicznymi, wykorzystano do obliczeń denudacji chemicznej autorską (Szostakiewicz 2003) metodą modeli numerycznych.

Denudacja chemiczna jest rozumiana, jako ilość usuniętego materiału skalnego rozpuszczonego w wodzie, odniesiona do jednostkowej powierzchni terenu (Pulina 1999, Ford, Williams 2007, Donnini i in. 2016). Denudacja chemiczna, zatem jest zależna od ogółu procesów hydrogeochemicznych zachodzących w badanym obszarze oraz interakcji między nimi. Z tego też względu konstrukcja myślowa, jaką jest system hydrogeochemiczny, uwzględniająca całokształt procesów i zjawisk zachodzących w układzie wody podziemne, środowisko skalne, gazy, może być przydatnym narzędziem w jakościowej i ilościowej ocenie denudacji chemicznej. Jednocześnie, skoro denudacja chemiczna jest warunkowana sposobem

¹ Efekt *Mischungskorrosion* uwzględnia wpływ mieszania się wód na rozpuszczanie węglanów (Bögli 1980).

transpozycji przez system danych wejściowych w wyjściowe, to wartość denudacji chemicznej może być wykorzystana, jako całościowa miara funkcjonowania systemu hydrogeochemicznego. Warto jednak zwrócić uwagę, iż obliczenia denudacji wykonywane w skali całych zlewni nie będą w pełni reprezentatywne dla systemu hydrogeochemicznego, gdyż uwzględniają również ładunki wynoszone z wodami spływającymi powierzchniowo. Z tego względu do ilościowej oceny ogółu relacji zachodzących w systemie hydrogeochemicznym wykorzystano wartość denudacji chemicznej stref zasilania wybranych źródeł.

PRAKTYCZNE WYKORZYSTANIE SYSTEMU HYDROGEOCHEMICZNEGO

Stworzoną koncepcję systemu hydrogeochemicznego wykorzystano do charakterystyki warunków hydrogeochemicznych oraz oceny denudacji chemicznej trzech zlewni: potoku Białego (Tatry), Suchego Potoku (Podhale) oraz Macelowego Potoku (Pieniny). Przy wyborze wymienionych poligonów badawczych brano pod uwagę następujące kryteria:

- *Górski typ zlewni.* Zlewnie górskie są definiowane (Czarnecka, red., 2005), jako zlewnie, których średnia wysokość jest większa niż 470 m n.p.m. Średnia wysokość zlewni potoku Białego (Tatry), obliczona wzorem Kajetanowicza (Soczyńska 1993) wynosi 1409 m n.p.m., zlewni Suchego Potoku (Podhale) – 647 m n.p.m., a zlewni Macelowego Potoku – 667 m n.p.m. Zgodnie z tą definicją wszystkie trzy poligony badawcze są zlewniami góorskimi.
- *Odmienna litologia utworów występujących na terenie zlewni.* Litologia utworów jest warunkowana składem mineralnym skał. Skład mineralny skał jest jednym z atrybutów fazy stałej strefy pełnego i niepełnego nasycenia. Jednocześnie skład mineralny skał jest jednym z czynników determinujących przebieg procesów i zjawisk zachodzących wewnątrz systemu hydrogeochemicznego. W pracy starano się scharakteryzować systemy różne pod względem geologicznym i hydrogeologicznym. W zlewni potoku Białego dominują skały węglanowe (głównie dolomity i wapienie). W zlewni Suchego Potoku występują skały okruczowe, głównie piaskowce, mułowce i iłowce. Natomiast w zlewni Macelowego Potoku udział skał okruczowych i węglanowych jest do siebie zbliżony.
- *Eliminacja czynników antropogenicznych.* Wybrano obszary o pomijalnej antropopresji, aby scharakteryzować naturalne relacje pomiędzy elementami systemu hydrogeochemicznego i relacje system – otoczenie. Zlewnia potoku Białego znajduje się w obrębie Tatrzańskiego Parku Narodowego i obszaru Natura 2000 (Tatry PLC120001). Zlewnia Macelowego Potoku stanowi część Pienińskiego Parku Narodowego i jego otuliny oraz obszaru Natura 2000 (Pieniny PLC120002). Cały obszar zlewni Suchego Potoku

i południowa część zlewni Macelowego Potoku znajdują się w granicach Południowomałopolskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu.

o *Zrównoważony w okresie wieloletnim bilans wodny zlewni oraz zgodność działań wodnych powierzchniowego i podziemnego.* To kryterium było pomocne przy określeniu relacji system – otoczenie przez boczną i dolną powierzchnię brzegową.

W każdej zlewni wybrano do badań monitoringowych źródła drenujące utwory o różnej litologii, różnym położeniu morfologicznym oraz różnych wydajnościach. W systemie hydrogeochemicznym zlewni górskiej źródła pełnią podwójną rolę. Po pierwsze, stanowią naturalne odsłonięcia wód podziemnych na powierzchni terenu, umożliwiając określenie atrybutów fazy ciekłej strefy pełnego nasycenia. Po drugie, wraz z drenowanymi przez źródła wodami podziemnymi wynoszone są z systemu ładunki (stan wyjściowy). Stany wyjściowe, zaś umożliwiają opis relacji pomiędzy systemem a otoczeniem.

W zlewni potoku Białego (Tatry) wytypowano do szczegółowych badań dwa źródła. Jedno z nich drenuje wody podziemne występujące w skałach węglanowych. Woda wypływa ze szczeliny w bryłowych dolomitach z przewarstwieniami wapieni mikrytowych. Jest to źródło szczelinowe o stałym wypływie. Drugie źródło znajduje się w strefie kontaktu przykrytych zwietrzelinami mułowców ilastych z przewarstwieniami dolomitów oraz piaskowców kwarcowych z przewarstwieniami łupków. Drenuje wody podziemne występujące w skałach węglanowych i klastycznych. Jest to źródło szczelinowe o stałym wypływie. W zlewni Suchego Potoku (Podhale), zbudowanej w całości z utworów fliszowych, wybrano jedno reprezentatywne źródło. Woda wypływa z osadów fliszowych warstw chochołowskich dolnych, przykrytych zwietrzelinami. W zlewni Macelowego Potoku (Pieniny) wybrano dwa źródła. Jedno, szczelinowe, drenujące wapienie rogowcowe. W miejscu wypływu drugiego ze źródeł pienińskich stwierdzono występowanie przykrytych zwietrzelinami utworów fliszowych.

Tak więc, wykorzystując autorską koncepcję systemu hydrogeochemicznego, nawiązującą do ogólnej matematycznej teorii systemów, opisano systemy hydrogeochemiczne badanych zlewni górskich o różnej litologii. Wyróżnienie elementów systemu, przypisanie do nich atrybutów i określenie relacji system – otoczenie umożliwiło opis zależności pomiędzy elementami systemu hydrogeochemicznego.

Określenie relacji system – otoczenie polegało na przypisaniu do powierzchni brzegowej stanów wejściowych i wyjściowych. Wejście do systemu stanowiły ładunki wnoszone z wodami opadowymi (tab. 2), a wyjście z systemu ładunki wynoszone wraz z wodami drenowanymi przez potoki i źródła (tab. 3).

Tabela 2

Ładunki wnoszone do systemu z infiltrującymi wodami ($t/km^2 \cdot rok$)
– średnia z lat 2002–2015 (n = 97)

Zlewnia	Składnik						
	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Potoku Białego (Tatry)	0,41	0,32	0,27	4,70	1,94	12,82	0,64
Macelowego Potoku (Pieniny)	0,12	0,09	0,18	1,30	0,72	3,70	0,46
Suchego Potoku (Podhale)	0,30	0,14	0,23	2,71	1,83	8,14	0,76
Hala Gąsienicowa*	0,27	0,27	0,13	0,78	0,97		
Karkonosze i Góry Wałbrzyskie**	0,32	0,90	0,67	1,53	2,93		
Śnieżka***	0,47	0,29	0,17	0,56	1,10		

Ładunki wnoszone z opadem w badanych zlewniach porównano z danymi obliczonymi dla innych obszarów (po ujednoczeniu jednostek) * Małecki (1998), ** Dobrzyński (1997), *** Twardowski (1996)

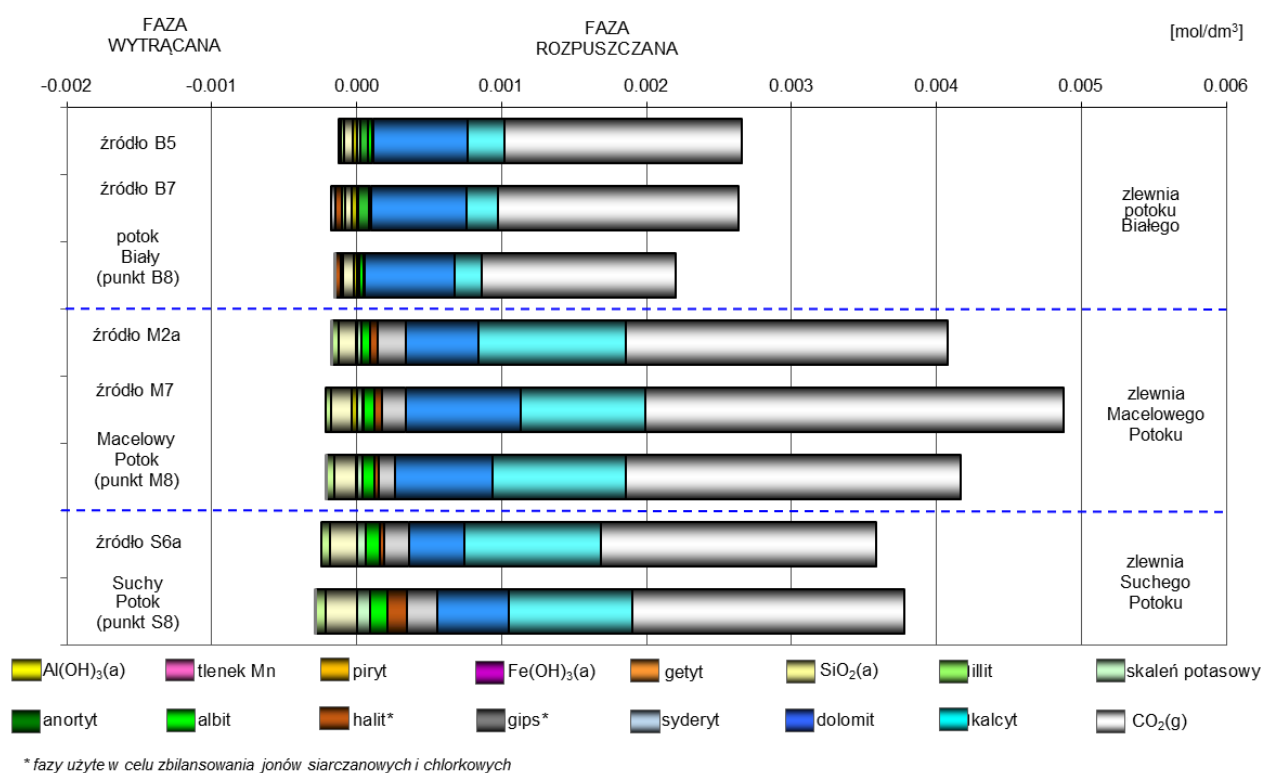
Tabela 3

Ładunki wynoszone z systemu z odpływającymi wodami ($t/km^2 \cdot rok$)
– średnia z badanych lat w okresie 2002–2015 (n = 229)

Poligon	Składnik						
	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
zlewnia potoku Białego (Tatry)							
Źródło B5	0,33	0,25	6,43	15,26	1,53	75,94	1,88
Źródło B7	0,16	0,12	7,17	16,92	1,27	84,62	1,00
Potok (B8)	0,47	0,33	12,70	29,70	2,47	147,18	2,44
zlewnia Macelowego Potoku (Pieniny)							
Źródło M2a	0,50	0,16	2,11	11,81	0,66	42,58	3,70
Źródło M7	0,27	0,11	1,75	7,48	0,46	29,16	2,24
Potok (M8)	0,81	0,29	4,31	17,30	0,97	71,67	4,29
zlewnia Suchego Potoku (Podhale)							
Źródło S6a	0,38	0,15	1,11	7,17	0,46	25,42	2,41
Potok (S8)	3,99	1,56	7,06	36,66	6,26	133,88	16,45

Relacje pomiędzy elementami systemu hydrogeochemicznego opisano jakościowo, identyfikując zachodzące w systemie procesy i ilościowo, oceniając transfer masy pomiędzy elementami. We wszystkich badanych zlewniach, dominującą relacją było rozpuszczanie węglanów w obecności dwutlenku węgla. W zlewni potoku Białego dominowało rozpuszczanie

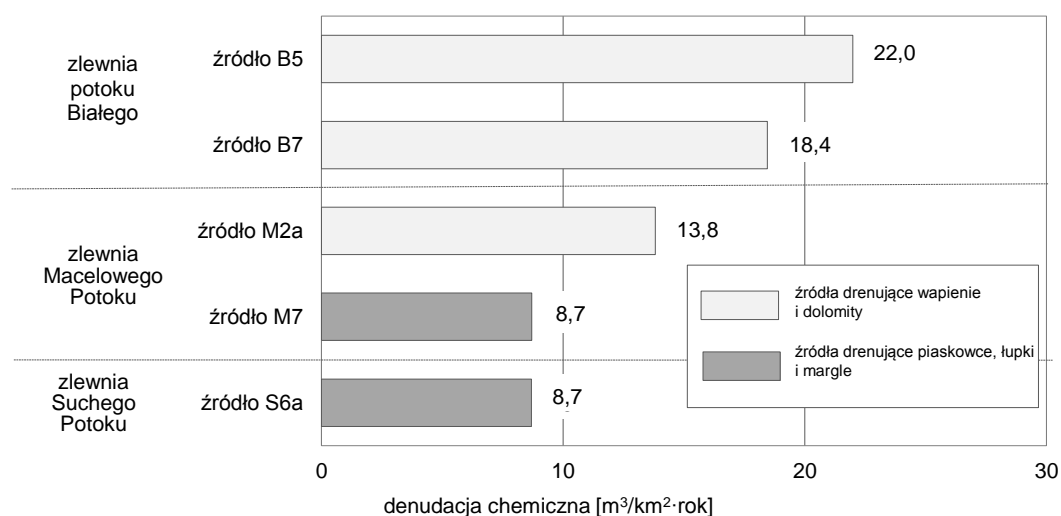
minerału dolomitu, natomiast w dwóch pozostałych obszarach rozpuszczaniu ulegał przede wszystkim kalcyt. To zróżnicowanie wynika z atrybutów fazy stałej (składu mineralnego). W składzie mineralnym skał ze zlewni potoku Białego dominował dolomit, podczas, gdy w pozostałych obszarach dominującym minerałem węglanowym był kalcyt. Oprócz rozpuszczania węglanów istotne znacznie miały również procesy hydrolizy plagioklazów i skaleni (ryc. 3). Udział tych procesów w kształtowaniu chemizmu wód podziemnych w zlewni tatrzańskiej nie przekraczał 1%, natomiast we fliszowej zlewni Suchego Potoku (Podhale) osiągał nawet 6%. W zlewni pienińskiej nie przekraczał 3%, przy czym nieznacznie większe udziały obserwowano w strefach występowania piaskowców, łupków i margli niż wapieni. W zlewniach potoków Macelowego i Suchego wyraźną rolę odgrywały procesy, w wyniku których do wód podziemnych były dostarczane siarczany. Stwierdzono, iż jednym z nich było utlenianie pirytu (Szostakiewicz-Hołownia 2018).



Ryc. 3. Porównanie średnich transferów mas obliczonych modelami geochemicznymi

Ilościowa charakterystyka relacji w systemie hydrogeochemicznym pozwoliła na ocenę denudacji chemicznej. Ocena ta wymaga kompleksowego rozpoznania procesów i zjawisk zachodzących w danym obszarze. Z drugiej strony, denudacja chemiczna może być wykorzystana, jako całościowa miara funkcjonowania systemu hydrogeochemicznego,

pod warunkiem uwzględnienia w obliczeniach wyłącznie ładunków dostarczonych do wód podziemnych w wyniku procesów zachodzących wewnątrz systemu. Spełnienie tego warunku umożliwiło objęcie badaniami stref zasilania źródeł. W wyniku badań stwierdzono wyraźnie większe wartości denudacji chemicznej stref zasilania źródeł drenujących skały węglanowe (ryc. 4). Takiej zależności pomiędzy wartością denudacji chemicznej a litologią wodonośca nie udało się stwierdzić, prowadząc obliczenia w skali całych zlewni, a nawet obserwowano zależność odwrotną.



Ryc. 4. Wielkość denudacji chemicznej stref zasilania źródeł w latach 2014-2015, obliczona metodą modeli numerycznych

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Zastosowanie podejścia systemowego umożliwia uporządkowanie zgromadzonej wiedzy. Ułatwia identyfikację najważniejszych procesów hydrogeochemicznych zachodzących w badanych poligonach i interakcji między nimi oraz pozwala na poznanie elementów o najsłabszym rozpoznaniu, co w konsekwencji wyznacza kierunki dalszych badań.
2. Koncepcja systemu hydrogeochemicznego zlewni górskiej może znaleźć praktyczne zastosowanie w planowaniu badań z dziedziny hydrochemii czy hydrogeologii, ułatwiając dobór rodzaju pobieranych prób (wody, skały, gazy) oraz zakresu oznaczeń.
3. Ujęcie systemowe ma szczególnie istotne znaczenie w opisie zjawisk wymagających całościowego spojrzenia na ogół warunków przyrodniczych. Dobrym przykładem takiego zjawiska jest denudacja chemiczna. W jej ocenie konieczne jest uwzględnienie symultanicznie zachodzących procesów w obrębie badanego obszaru i interakcji między nimi.

4. System hydrogeochemiczny zlewni górskiej pomaga w nowym, holistycznym spojrzeniu na skomplikowany układ obejmujący wody podziemne, środowisko skalne, gazy oraz zachodzące pomiędzy nimi zjawiska i procesy. Jednocześnie takie podejście zachowuje i sumuje wiedzę pozyskaną w dotychczasowych pracach badawczych, nawet jeśli obejmowały one jedynie jednostkowe procesy.

Reasumując, system hydrogeochemiczny zlewni górskiej, umożliwiając całościowe spojrzenie na procesy i zjawiska zachodzące w układzie wody podziemne, ośrodek skalny, gazy, stanowi nowe, przydatne narzędzie w badaniach hydrochemicznych i hydrogeologicznych. Koncepcja systemu może znaleźć praktyczne zastosowanie począwszy od etapu planowania prac terenowych (szczególnie w aspekcie zakresu oznaczeń i rodzaju pobieranych prób), konstrukcji modeli geochemicznych po etap interpretacji i weryfikacji uzyskanych wyników. Narzędzie to z powodzeniem zostało wykorzystane i przetestowane w badaniach nad denudacją chemiczną wybranych zlewni górskich.

SPIS LITERATURY ZACYTOWANEJ W AUTOREFERACIE

- Bögli A., 1980 – Karst Hydrology and Physical Speleology. Springer, Berlin.
- Czarnecka H. (red.), 2005 – Atlas podziału hydrograficznego Polski. Seria Atlasy i monografie. IMGW, Warszawa.
- Dobrzyński D., 1997 – Hydrochemia glinu w obszarach poddanych wpływom kwaśnych opadów w depresji śródsudeckiej. Arch. Wydz. Geol. UW, Warszawa.
- Dobrzyński D., 2006 – Modelowanie geochemiczne wód podziemnych. [W:] Podstawy hydrogeologii stosowanej. Macioszczyk A. (red.). Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Donnini M., Frondini F., Probst J., Probst A., Cardellini C., Marchesini I., Guzzetti F., 2016 – Chemical weathering and consumption of atmospheric carbon dioxide in the Alpine region. *Global and Planetary Change*, 136: 65–81.
- Ford D., Williams P., 2007 – Karst hydrology and geomorphology. Wyd. Wiley. West Sussex.
- Langmuir D., 1997 – Aqueous Environmental Geochemistry. Prentice-Hall, New Jersey.
- Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002 – Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Małecki J.J., 1998 – Rola strefy aeracji w kształtowaniu składu chemicznego płytkich wód podziemnych wybranych środowisk hydrochemicznych. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 381.
- Mynarski S., 1979 – Elementy teorii systemów i cybernetyki. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Parkhurst D.L., Appelo C.A.J., 2013 – Description of input and examples for PHREEQC Version 3, A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. A43, 497 p., available only at <http://pubs.usgs.gov/tm/06/a43/>.
- Patzak G., 1982 – Systemtechnik. Planung Komplexen Innovativer Systeme, Grundlagen, Methoden, Techniken. Springer Verlag, Berlin.
- Pulina M., 1999 – Kras. Formy i procesy. Wyd. UŚ, Katowice.
- Soczyńska U. (red.), 1993 – Podstawy hydrologii dynamicznej. Wyd. UW, Warszawa.
- Szostakiewicz M., 2003 – Ilościowa ocena denudacji chemicznej zlewni potoku Macelowego (pieniński pas skałkowy) przy wykorzystaniu metod numerycznych. *Współczesne problemy hydrogeologii*, Gdańsk, 11 (1): 447–450.

- Szostakiewicz-Hołownia M., 2018 – Systemy hydrogeochemiczne zlewni górskich o różnej litologii, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, s. 1-171
- Szymanko J., 1980 – Koncepcje systemu wodonośnego i metod jego modelowania. Wyd. Geol., Warszawa.
- Twardowski R., 1996 – Kwasowość i stan zanieczyszczenia opadów atmosferycznych w Karkonoszach. Chemizm i oddziaływanie kwaśnych deszczy na środowisko przyrodnicze. Sesja naukowa Poznań–Jeziory 10 VI 1996, UAM, Poznań.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych.

Stworzenie koncepcji opisu systemu hydrogeochemicznego zlewni górskiej w ujęciu teorii systemów było poprzedzone wcześniejszymi moimi doświadczeniami zdobytymi w czasie realizacji prac naukowo-badawczych obejmujących zagadnienia zarówno z dziedziny hydrogeochemii jak i hydrodynamiki wód podziemnych. Moje dotychczasowe osiągnięcia naukowo-badawcze można podzielić na kilka zasadniczych nurtów:

- Ilościowa ocena denudacji chemicznej
- Charakterystyka procesów formujących skład chemiczny wód oraz ich odwzorowanie modelem geochemicznym
- Znaczenie strefy niepełnego nasycenia w kształtowaniu chemizmu wód podziemnych
- Zasilanie i drenaż wód podziemnych w zlewniach górskich
- Termika wód podziemnych drenowanych przez wybrane źródła w Karpatach wewnętrznych

Wszystkie zacytowane poniżej publikacje mojego autorstwa i współautorstwa zestawiono w załączniku 3.

Ilościowa ocena denudacji chemicznej

W 2001 roku ukończyłam studia magisterskie z wyróżnieniem (najwyższa średnia ocen na roku). W tym samym roku rozpoczęłam studia doktoranckie na Wydziale Geologii UW. Prowadzone przeze mnie badania na studiach doktoranckich dotyczyły głównie denudacji chemicznej, procesów kształtujących chemizm wód podziemnych strefy aktywnej wymiany oraz ich numerycznego odwzorowania modelem geochemicznym. Stworzyłam autorską metodę umożliwiającą wykorzystanie modeli numerycznych do ilościowej oceny denudacji chemicznej. Wykonanie tych prac było możliwe dzięki finansowemu wsparciu Uniwersytetu Warszawskiego w ramach badań własnych oraz środkom pozyskanym w latach 2005-2006, jako promotorski projekt badawczy finansowany z KBN (Szostakiewicz 2003, 2005).

Po uzyskaniu stopnia doktora kontynuowałam tematykę podjętą w rozprawie doktorskiej. W dalszych pracach skupiałam się na ocenie wiarygodności obliczeń denudacji

chemicznej nową, autorską metodą. Badania te zostały wykonane dzięki środkom pozyskanym z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (grant KBN). Byłam głównym wykonawcą w projekcie badawczym realizowanym w latach 2007-2010. W czasie realizacji tego projektu udokumentowano, że wyniki obliczeń denudacji chemicznej metodą modeli numerycznych są porównywalne do pomiarów wykonanych metodą bezpośrednią, co zdaniem autorów świadczy o wiarygodności nowej metody oceny denudacji chemicznej (Szostakiewicz-Hołownia i in. 2010; Szostakiewicz-Hołownia 2011; Szostakiewicz-Hołownia, Małecki 2017).

Nowym nurtem moich badań, związanych z denudacją chemiczną, jest próba oceny jej wartości w zależności, nie tylko od litologii utworów, ale również od czasu przebywania wody w systemie wodonośnym. Przy tak określonym celu, poligony doświadczalne stanowiły strefy zasilania źródeł. Takie podejście, w przeciwieństwie do badań prowadzonych w układzie zlewniowym, ułatwiło precyzyjniejsze określenie czasu przebywania wody w ośrodku skalnym (Szostakiewicz-Hołownia 2018). Badania te zostały wykonane dzięki środkom pozyskanym z Narodowego Centrum Nauki. Byłam kierownikiem projektu realizowanego w latach 2012-2016.

Prowadzone prace badawcze nad oceną denudacji chemicznej, wymagające wykorzystania narzędzi z różnych dziedzin nauki, jak na przykład hydrochemia, hydrodynamika, czy mineralogia oraz wymagające całościowego spojrzenia na procesy i zjawiska zachodzące w układzie ośrodek skalny–wody podziemne–gazy, były inspiracją do stworzenia koncepcji systemu hydrogeochemicznego, szczegółowo opisanej w monografii, stanowiącej moje główne osiągnięcie naukowe (Szostakiewicz-Hołownia 2018).

Charakterystyka procesów formujących skład chemiczny wód oraz ich odwzorowanie modelem geochemicznym

Charakterystyka chemizmu wód powierzchniowych i podziemnych strefy aktywnej wymiany, a także rozpoznanie czynników formujących ich skład chemiczny stanowi przedmiot moich zainteresowań od początku kariery naukowej do chwili obecnej. Badania pod tym kątem prowadziłam na poligonach różniących się pod względem warunków klimatycznych, geologicznych, hydrogeologicznych, a także antropopresji: Karpaty wewnętrzne (Małecki, Szostakiewicz 2007, Szostakiewicz-Hołownia 2009, 2010, 2012 a,b, 2013), Warszawa (Małecki i in. 2007, 2016), Kampinoski Park Narodowy i jego otulina (Małecki i in. 2017), rejon Krynek (Podlasie) (Gruszczyński i in. 2016). W każdym z tych obszarów celem lub jednym z celów prowadzonych prac była charakterystyka chemizmu

badanych wód wraz z określeniem zjawisk i procesów go kształtujących. Narzędziami pomocnymi w tych pracach były modele specjacyjno-rozpuszczalnościowe, modele wprost oraz modele bilansu masy. Moja rola w tych badaniach polegała na wykonaniu modeli geochemicznych oraz udziale lub współudziale w interpretacji wyników badań, przygotowaniu tekstu publikacji. W Karpatach i na Podlasiu mój wkład w realizację projektów obejmował również planowanie i wykonywanie prac terenowych i laboratoryjnych.

Znaczenie strefy niepełnego nasycenia w kształtowaniu chemizmu wód podziemnych

W swoich badaniach nad procesami kształtującymi chemizm wód podziemnych strefy aktywnej wymiany szczególną uwagę poświęciłam strefie niepełnego nasycenia. To w tej strefie intensywnie zachodzą procesy hydrogeochemiczne pomiędzy infiltrującymi wodami opadowymi, a wodonoścem. W obszarach górskich strefa niepełnego nasycenia często obejmuje zarówno skały lite, jak i zalegające na nich zwietrzeliny.

W badaniach, prowadzonych z prof. J. Małeckim, określałam rolę zwietrzelin w strefie niepełnego nasycenia w kształtowaniu chemizmu płytkich wód podziemnych zlewni Suchego Potoku (Podhale). Jakościową i ilościową identyfikację procesów hydrogeochemicznych zachodzących w tej strefie umożliwiły wykonane przeze mnie badania terenowe i laboratoryjne oraz modele geochemiczne (Szostakiewicz-Hołownia, Małecki 2015).

Zagadnienia związane z identyfikacją procesów zachodzących w strefie niepełnego nasycenia stanowiły również przedmiot badań prowadzonych przez prof. J. Małeckiego i przeze mnie na Hali Gąsienicowej w polskiej części Tatr Wysokich. W tym obszarze chemizm wód podziemnych jest kształtowany głównie przez ładunki wnoszone wraz z infiltrującymi wodami opadowymi. Z tego względu istotne znaczenie ma ocena naturalnego stopnia zagęszczenia wód w wyniku parowania terenowego. Bazując na wykonanych przeze mnie modelach hydrogeochemicznych nie tylko określono procesy zachodzące w badanej strefie, ale również modele te posłużyły do stwierdzenia czy obliczony na podstawie danych klimatycznych, stopień zagęszczenia wód jest wiarygodny (Małecki, Szostakiewicz 2006).

Strefa niepełnego nasycenia może również pełnić ochronną rolę, w stosunku do warstwy wodonośnej, przed zanieczyszczeniami migrującymi z powierzchni terenu. Zagadnienie to stanowiło przedmiot badań zespołu prof. J. Małecki, dr M. Kadzikiewicz-Schoeneich, prof. Y. Eckstein, dr M. Szostakiewicz-Hołownia, dr T. Gruszczyński (2017). Prace badawcze, realizowane w ramach nawiązanej współpracy naukowej z Kent State University (USA),

obejmowały charakterystykę mobilności miedzi i cynku w strefie niepełnego nasycenia w zależności od jej litologii. Wybrano te pierwiastki, ponieważ są czułymi wskaźnikami zanieczyszczeń przemysłowych i komunalnych. Badania prowadzono na dwóch różniących się pod względem litologicznym i hydrochemicznym poligonach. Poligon Granica (praktycznie pozbawiony węglanów i frakcji iłowej) zlokalizowany w Kampinoskim Parku Narodowym oraz poligon Kampinos, charakteryzujący się znaczącą zawartością węglanów (do 20%) i frakcji iłowej (do 34%), a położony w otulinie KPN. Mój wkład w prace tego zespołu polegał na wykonaniu modeli geochemicznych odwzorowujących reakcje pomiędzy fazą stałą, ciekłą i gazową ze szczególnym uwzględnieniem procesów wpływających na mobilność miedzi i cynku (w tym procesów wymiany jonowej) oraz współdziałanie w interpretacji wyników badań, przygotowaniu tekstu publikacji.

Zasilanie i drenaż wód podziemnych w zlewniach górskich

Zagadnienia związane z zasilaniem, krążeniem i drenażem wód podziemnych w zlewniach górskich stanowiły przedmiot mojego naukowego zainteresowania już na etapie pracy magisterskiej realizowanej pod kierunkiem naukowym dr. hab. Włodzimierza Humnickiego, a dotyczącej krążenia i drenażu wód podziemnych w części pienińskiego pasa skałkowego. Kontynuacja moich badań nad tym tematem była między innymi związana z pracami nad ilościową oceną denudacji chemicznej zlewni potoków Białego (Tatry), Suchego (Podhale) i Macelowego (Pieniny)(Szostakiewicz 2003; Szostakiewicz-Hołownia, Małecki 2006, 2017; Małecki, Szostakiewicz-Hołownia 2008; Szostakiewicz-Hołownia i in. 2010, Szostakiewicz-Hołownia 2011, 2013) oraz zagadnieniem określenia modułów odpływu podziemnego w ww. zlewniach górskich (Szostakiewicz-Hołownia 2012)

Mój udział lub współdziałanie w tych pracach polegał na wykonaniu badań terenowych (monitoring stanów i natężenia przepływu ww. potoków w przekrojach hydrometrycznych zamykających zlewnię oraz wydajności wybranych pięciu źródeł, zlokalizowanych w obrębie tychże zlewni), opracowaniu i interpretacji wyników badań, przygotowaniu tekstu publikacji.

Termika wód podziemnych drenowanych przez wybrane źródła w Karpatach wewnętrznych

W ostatnich latach moje zainteresowania badawcze dotyczyły również obserwacji zmian temperatur wód podziemnych. Badaniami monitoringowymi objęłam pięć źródeł. Dwa

z nich są zlokalizowane w zlewni potoku Białego (Tatry), dwa w zlewni Macelowego Potoku (Pieniny) i jedno w zlewni Suchego Potoku (Podhale). Głównym kryterium wyboru źródeł była różna litologia drenowanych warstw wodonośnych.

Wyniki monitoringu wykorzystałam do oszacowania głębokości występowania wód podziemnych drenowanych przez badane źródła. Wraz ze wzrostem głębokości występowania wód obserwuje się najpierw zanik dobowych wahań temperatury, potem sezonowych i najgłębiej rocznych. Obliczone głębokości zawierały się w przedziale od 43 do 93 m p.p.t. Pomimo szacunkowego charakteru wyników, warto zwrócić uwagę, iż wszystkie obliczone głębokości krążenia wód podziemnych mieściły się w granicach strefy spękań, umożliwiającej aktywną wymianę wód (Szostakiewicz-Hołownia 2015).

Dodatkowym wątkiem badawczym związanym z monitoringiem temperatur wód podziemnych jest ocena wpływu odsłonięcia niszy źródlanej, w wyniku procesów stokowych, na reżim termiczny źródła. Problem ten został wstępnie zasygnalizowany w monografii (Szostakiewicz-Hołownia 2018). Badania nad tym zagadnieniem są nadal kontynuowane.

6. Zestawienie dorobku naukowo-badawczo-dydaktycznego

Dorobek naukowo-badawczo-dydaktyczny	Przed doktorem	Po doktoracie	Suma
Sumaryczna ilość publikacji naukowych	5	20	25
Publikacje w czasopismach z listy JCR (lista „A” MNiSW)	-	5	5
Publikacje w czasopismach innych niż z bazy JCR (lista „B” MNiSW)	1	9	10
Recenzowane artykuły konferencyjne	4	2	6
Monografie i rozdziały w monografii	-	4	4
Sumaryczna liczba punktów wg MNiSW ²	12	270	282
Sumaryczny Impact Factor zgodnie z rokiem opublikowania/pięcioletni	-	5,980/9,150	5,980/9,150
Liczba cytowań wg Web of Science (WoS)	-	5	5
Liczba cytowań wg Scopus	5	29	34
Liczba cytowań wg Google Scholar	5	28	33
Indeks Hirscha wg bazy Web of Science	-	1	1
Indeks Hirscha wg bazy Scopus	1	4 ³	4 ³
Indeks Hirscha wg bazy Google Scholar	1	3	3
Udział w projektach badawczych (KBN i NCN), jako główny wykonawca/kierownik	1/0	1/1	2/1
Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	-	14	14
Udział w konferencjach i sympozjach międzynarodowych i krajowych	10	23	33
Przedstawianie na konferencjach i sympozjach wyników badań w formie abstraktu lub artykułu	6	14	20
Przedstawienie na konferencjach i sympozjach wyników badań w formie referatów/posterów	3/2	6/5	9/7
Udział w komitetach organizacyjnych konferencji	2	2	4
Recenzje artykułów naukowych w czasopismach (z listy JCR)	-	1	1
Ilość prowadzonych zajęć dydaktycznych	5	17	22
Promotor lub współpromotor prac magisterskich/inżynierskich/licencjackich	-	13/7/11	13/7/11
Recenzent prac ⁴ magisterskich/inżynierskich/licencjackich	-	27/6/18	27/6/18

M. Szostakiewicz-Hołownia

² liczba punktów wg. listy A i B MNiSW (najbardziej aktualne dane tj. 2016 r. lub 2015 r.) oraz punkty wg Rozporządzenia MNiSW z dn. 2 grudnia 2015 r. dla monografii lub rozdziału w monografii – punkty zgodnie z podanymi w zał. 3

³ liczony ręcznie ze względu na zmianę nazwiska w 2008 r.

⁴ nie wliczając recenzji, które przygotowałam, jako promotor lub współpromotor