

Białystok, dnia 27.08.2019

Prof. dr hab. inż. Anatoli Hurynovich
Politechnika Białostocka

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
mgr. inż. OLENY DAN

pt;

OPRACOWANIE KONCEPCJI OGRANICZANIA ŁADUNKÓW
ZANIECZYSZCZEŃ ODPROWADZANYCH DO MORZA AZOWSKIEGO
PRZEZ HUTĘ "AZOVSTAL"

1. Podstawa przygotowania recenzji

Formalną podstawą przygotowania niniejszej recenzji jest zlecenie uchwałą z dnia 27 czerwca 2019 r. Rady Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo – Hutniczej w Krakowie oraz zlecenia (pismo WGGiIS/251- 1/19 z dnia 27 czerwca 2019 r.).
Recenzję opracowano na podstawie dostarczonego manuskryptu dysertacji.

2. Zawartość ocenianej rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa "Opracowanie koncepcji ograniczania ładunków zanieczyszczeń odprowadzanych do morza azowskiego przez hutę "Azovstal" obejmuje 213 strony zasadniczego tekstu w języku angielskim, spis literatury (333 pozycji), 7 załączników, zawiera w części zasadniczej 74 rysunków oraz 40 tabel.

Na początku pracy przedstawiono spis treści, streszczenia pracy w języku polskim i angielskim. We wstępie krótko przedstawiono wpływ przemysłu metalurgicznego na środowisko, sformułowano warunki wstępne, które doprowadziły do pogorszenia stanu wód Morza Azowskiego w rejonie miasta Mariupol oraz wyróżniono główne źródła zanieczyszczeń – ścieki przemysłowe i infiltrat żuźłowy.

Zasadniczy tekst dysertacji dzieli się na 7 rozdziałów, przy czym pracę podzielono warunkowo na 2 główne części: ocena oddziaływania przemysłu metalurgicznego na środowisko oraz szczególnie huty "Azovstal" na środowisko wodne (rozdziały 1–4); badania eksperymentalne wraz z opracowaniem rozwiązań technologicznych w celu zmniejszenia wpływu huty na Morze Azowskie (rozdziały 5–7).

Rozdział pierwszy jest *de facto* kontynuacją wprowadzenia, ponieważ bardziej szczegółowo przedstawia sytuację ekologiczną na Ukrainie, związaną z działalnością przedsiębiorstw metalurgicznych, a także opisuje wpływ siarczku i amoniaku z infiltratu na środowisko i zdrowie ludzkie. Na końcu pierwszego rozdziału przedstawiono aktualność pracy.

Cel pracy doktorskiej: opracowanie koncepcji zmniejszenia negatywnego wpływu na stan Morza Azowskiego, związanego z zanieczyszczeniami przedostającymi się do morza z terenu zakładu metalurgicznego.

Sformułowano następujące **tezy pracy**:

1. Wschodnia część Morza Azowskiego w rejonie Mariupolu, położona w strefie zrzutów ścieków huty "Azovstal", charakteryzuje się złym stanem ekologicznym i niską jakością wody.
2. Czynnikiem najwyższego ryzyka środowiskowego w Morzu Azowskim jest zrzut ścieków przemysłowych i wpływ infiltratu ze zbiornika odczeków żużlowych.
3. Poprawa stanu ekologicznego wschodniej części Morza Azowskiego wymaga natychmiastowego opracowania i wdrożenia strategii ochrony opartej na modernizacji gospodarki wodnej przedsiębiorstwa w celu zmniejszenia ładunków odprowadzanych zanieczyszczeń oraz wodochłonności przedsiębiorstwa.

W rozdziale drugim przedstawiono charakterystykę huty "Azovstal" oraz opis gospodarki wodno-ściekowej huty.

W rozdziale trzecim zamieszczono charakterystykę Morza Azowskiego jako odbiornika ścieków zakładu metalurgicznego, źródła oraz mechanizmy zanieczyszczeń wód przybrzeżnych, w tym szczególnie przedstawiono mechanizm tworzenia hałdy żużła i infiltratu żużlowego huty "Azovstal".

W rozdziale czwartym przeprowadzono obszerną ocenę wpływu huty "Azovstal" na strefę przybrzeżną Morza Azowskiego.

Rozdział piąty obejmuje uzasadnienie badań eksperymentalnych, mianowicie przegląd istniejących metod oczyszczania ścieków przemysłowych przedsiębiorstw metalurgicznych ze związków siarki i azotu, a także przedstawia przyczyny niemożności recyklingu żużła huty "Azovstal".

Bardzo ważne dla rozprawy są **rozdziały szósty i siódmy**, które logicznie łączą się pomiędzy sobą. W szóstym przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych dotyczących usuwania siarczku i amoniaku z infiltratu żużlowego przy użyciu różnych metod oczyszczania. Na podstawie uzyskanych wyników opracowano technologię, która została opisana w rozdziale siódmym, z ekonomiczną skutecznością wprowadzenia technologii i opisem alternatywnej metody gaszenia żużła.

Po rozdziale **siódmym** zamieszczono podsumowanie i wnioski, jak również nowość naukowa badań oraz możliwe kierunki badań. Bibliografia obejmuje łącznie 333 pozycji w języku angielskim, polskim, ukraińskim oraz rosyjskim. Bibliografia jest uporządkowana w kolejności alfabetycznej. Prace zamykają: spis ilustracji, spis tabel, spis załączników oraz załączniki. Dodatkowo załączono płytkę CD z wersją elektroniczną pracy.

3. Znaczenie problemu podjętego w rozprawie

W ciągu ostatnich 30 lat poziom polityki Ukrainy w dziedzinie ochrony środowiska znacznie spadł do poziomów krytycznych. Dzięki działaniom gospodarczym krajów dzielących wybrzeże

między sobą problemy środowiskowe Morza Azowskiego stają się coraz bardziej depresyjne. Jeśli nie zostaną podejmowane działania w celu ochrony tego unikalnego zbiornika, nadejdzie dzień, w którym wymrze flora i fauna obszarów przybrzeżnych.

Przed aktywnym rozwojem zasobów Morza Azowskiego wszystkie odpady antropogeniczne były usuwane przez plankton. Ale w ciągu ostatnich stu lat wzdłuż brzegów zbudowano tak wiele zakładów różnych gałęzi przemysłu, że mechanizm samoczyszczenia zbiornika praktycznie przestał działać.

Większość szkodliwych substancji przedostających się do jednolitej części wód ma źródła wśród przedsiębiorstw Mariupola, a dokładniej huta "Azovstal". Biorąc pod uwagę niewielki rozmiar morza i małe głębokości, jest ono bardzo wrażliwe na skutki przedsięwzięć przemysłowych; ponadto zmniejszone ilości słodkiej wody negatywnie wpłynęły na jego stan ekologiczny.

W rozprawie ponadto szczególną uwagę przydzielono do oceny wpływu huty "Azovstal" na przybrzeżne wody morza oraz do sposobów i technologii usuwania z infiltratu żużlowego siarczków i amoniaku. Więc, problem podjęty w rozprawie jest istotny, ponieważ ma na celu poprawę stanu ekologicznego Morza Azowskiego jako unikalnego obiektu środowiskowego.

Obecnie huta "Azovstal" boryka się z najpoważniejszymi problemami związanymi z odpadami produkcyjnymi i oczyszczaniem ścieków deszczowych, przemysłowych i domowych. Rozwiązania techniczne problemów zależą od badań naukowych i wprowadzenia innowacyjnych rozwiązań, które praktycznie nie są systematycznie i kompleksowo wdrażane. Tak więc, dziś w anty-rating ukraińskich przedsiębiorstw huta zajmuje drugie miejsce po firmie wodociągowej "Kievvodkanal".

Uwzględniając powyższe należy podkreślić trafność tematyki podjętej w recenzowanej pracy. Wykonane badania eksperymentalne oraz uzyskane wyniki pozwalają na dostatecznie obiektywne wnioski.

4. Ocena rozprawy

Pierwszy rozdział przedstawia charakterystykę przemysłu metalurgicznego jako dziedziny przemysłu ciężkiego. Przemysł metalurgiczny składa się z wielu procesów, jest źródłem niebezpieczeństwa zanieczyszczenia środowiska. Ze względu na to, że wiele procesów i zasobów są wykorzystane na różnych etapach produkcji, prowadzi to do ogromnej ilości odpadów o różnej ilości i właściwościach. Infiltrat żużlowy, jako jeden z rodzajów odpadów metalurgicznych, zawiera związki siarki i azotu, dlatego w pierwszym rozdziale uwzględniono wpływ tych związków na środowisko i zdrowie ludzkie. Ogólnie rzecz biorąc, pierwsza część ma charakter informacyjny i doprowadzi do sformułowania celu i tezy rozprawy, a jednocześnie chciałbym zwrócić uwagę na schematyczne przedstawienie logiki badań, które ułatwia zrozumienie struktury rozprawy.

Drugi rozdział przedstawia charakterystykę huty "Azovstal" jako głównego źródła zanieczyszczenia strefy przybrzeżnej Morza Azowskiego. Charakterystyka systemu kanalizacyjnego zakładu pozwala w pełni ocenić skalę go przedsięwzięcia i wpływu na strefę przybrzeżną Morza Azowskiego.

Charakterystykę Morza Azowskiego przedstawiono w rozdziale trzecim, ze szczególnym uwzględnieniem dynamiki zmiany zasolenia morza przez ostatni 100 lat. Problem ten może być

interesujący dla dalszych badań. Szczególną uwagę zwrócono na źródło i mechanizm powstawania zanieczyszczeń w strefie przybrzeżnej, z których największy wpływ ma huta "Azovstal". Przedstawiono dynamikę produkcji stali zakładu, a zatem przedstawiono dynamikę powstawania żużła stalowniczego, co wskazuje na niewielki spadek produkowanej ilości stali i żużła. Jednak przy braku usuwania tego rodzaju odpadów problem pozostaje nierozwiązany. W rozdziale szczegółowo opisane powstawanie hałdy żużłu i zachodzące w niej procesy. Tak, mechanizm powstawania infiltratu żużlowego przedstawiono w prosty i zrozumiały sposób, natomiast uzasadniony naukowo.

Rozdział czwarty jest kluczowym na pierwszym etapie rozprawy, ponieważ przedstawia ocenę wpływu huty "Azovstal" na przybrzeżną strefę Morza Azowskiego przez określenie stopnia oddziaływania ścieków odprowadzanych przez hutę w 9 punktach ich zrzutu do morza i rzeki Kalmius na podstawie metod porówniania jakości wód morskich w punktach pomiarowo-kontrolnych i jakości ścieków odprowadzanych przez hutę, porówniania ze standardami określonymi przez ustawodawstwo Ukrainy oraz przez obliczenie wskaźników jakości wód morskich i rzecznych. Określono najbardziej niebezpieczne dla środowiska morskiego źródła zanieczyszczeń i substancje zanieczyszczające.

Piąty rozdział zawiera przegląd metod oczyszczania ścieków metalurgicznych od związków siarki i azotu. Szczególnie opisano problem magazynowania odpadów przemysłowych na Ukrainie oraz problem recyklingu odpadów żużlowych w rejonie Mariupola i w południowo-wschodnim regionie Ukrainy.

Rozdział szósty jest jednym z najważniejszych w rozprawie, dlatego że przedstawia metody oznaczania siarczków i amoniaku, a także przedstawia wyniki analizy chemicznej infiltratu żużlowego oraz wyniki badań eksperymentalnych usuwania siarczków i amoniaku z infiltratu. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań została opracowana technologia usuwania siarczków i amoniaku z infiltratu żużlowego huty "Azovstal", przedstawiona w rozdziale siódmym, gdzie również przedstawiono podstawowe obliczenia parametrów technologii. W rozdziale są obliczenia szkód ekonomicznych, których można uniknąć dzięki wprowadzeniu technologii. Zaproponowano alternatywny sposób gaszenia żużła, w którym można zastosować infiltrat lub ścieki przemysłowe.

Po rozdziałach 1–4, 5, 6 oraz 7 są wstępne wnioski. Ostatnia część zasadniczego tekstu rozprawy zawiera wypunktowane wnioski końcowe. Zostały potwierdzone wcześniej sformułowane tezy pracy. Określono kierunki możliwych przyszłych badań. W aspekcie merytorycznym część podsumowująco-wnioskowa nie wzbudza zastrzeżeń, w aspekcie redakcyjnym uważam, że w niektórych przypadkach wnioski po rozdziałach i wnioski końcowe mają to samo znaczenie, więc wskazane byłoby, aby zmniejszyć niektóre z wniosków na rzecz innych.

5. Ocena naukowej wartości rozprawy

Rozprawa ma charakter interdyscyplinarny. Zatem wartość naukową rozprawy można ocenić na kilka sposobów.

1. Została przeprowadzona unikalna ocena wpływu huty "Azovstal" na strefę przybrzeżną Morza Azowskiego na podstawie obliczenia zintegrowanych wskaźników oraz stosując metodę porównawczą. Warto zauważyć, że kompleksowa ocena jaka została przedstawiona w rozprawie, nie była nigdzie indziej wcześniej opisywana, a ponadto nie była przeprowadzana dla Morza Azowskiego.

2. Istnieją kraje, gdzie są hałdy żużla znajdujące się w pobliżu zbiorników wodnych, jak w Mariupolu. Jednak jest brak badań na temat wpływu infiltratu żużlowego i ograniczenia wpływu infiltratu na środowisko. Więc, w rozprawie zaproponowano technologię usuwania siarczków i amoniaku z infiltratu żużlowego w celu zmniejszenia negatywnego wpływu huty "Azovstal" na Morze Azowskie. Wprowadzenie technologii może zmienić stan Morza Azowskiego, a wcześniej zaproponowany sposób oceny jakości wód może służyć jako jeden z aspektów monitorowania jakości wody morskiej po wprowadzeniu tej technologii.

3. Została zaproponowana alternatywna metoda gaszenia żużla z zastosowaniem infiltratu żużlowego.

Ze względu na złożony charakter pracy, Autor podszedła do zagadnień w sposób kompleksowy, zmierzając do określenia rozwiązań akceptowalnych zarówno w aspekcie technologicznym, jak też ekonomicznym. Problem akceptowalności ekonomicznej jest szczególnie istotny w dzisiejszych realiach, gdy koszty związane ze zbiorczym odprowadzaniem są często bardzo wysokie.

Zadania, które Autor postawiła przed sobą są znacznie bardziej skomplikowane niż prosta analiza pojedynczego procesu zakładu metalurgicznego. Planowane przez siebie analizy wykonała wykorzystując bardzo obszerne materiały źródłowe, zastosowane metodyki są dokładnie opisane, a wnioski są uzasadnione. W pracy przeprowadzono analizę krytyczną stanu istniejącego oraz materiałów źródłowych. Autor zdaje sobie sprawę z potrzeby dalszego pogłębienia prowadzonych analiz. W tym aspekcie uważam, że kierunki przyszłych badań zostały określone prawidłowo.

6. Uwagi techniczne

Praca jest przygotowana starannie, napisana czytelnym językiem. W aspekcie technicznym, szczególnie przygotowania publikacji, chciałem zwrócić uwagę na następujące elementy.

1. Tytuł pracy doktorskiej i przedstawiony w niej materiał obejmuje ogromne w skali państwa problemy. Pomimo tego, że ostatecznym celem pracy jest opracowanie technologii oczyszczania wód infiltracyjnych pochodzących ze zwalowiska żużla oraz metody gaszenia żużla, tego wystarczy do tej pracy doktorskiej.
2. W rozdziale 1 brakuje nazwy podrozdziału 1.1. W spisie treści są podrozdziały 1.1 i 1.2, chociaż w tekście są one ponumerowane 1.2 i 1.3. Tytuły podrozdziałów nie pasują do celu rozdziału 1, a główny rozdział *CEL, TEZY I METODOLOGIA* musi być ponumerowany i znajdować się w spisie treści.
3. W podrozdziale 2.2 pożądanym byłoby scharakteryzowanie systemu oczyszczania ścieków i zawartych w nich zanieczyszczeń. Huta "Azovstal" obejmuje cztery główne kompleksy produkcyjne: produkcję koksu, wielkopiecowy, produkcję konwertorową i kompleks walcowania. Każdy proces technologiczny tworzy również ścieki z typowymi dla niego zanieczyszczeniami i odpowiednio istnieją oczyszczalnie.
Bilans wodny przedsiębiorstwa na rysunku 2.3 nie odzwierciedla wszystkich jego elementów. Tak więc, opady atmosferyczne i związana z nimi woda deszczowa z terytorium oraz wody infiltracyjne przez hałdy szlamów i żużla są nieobecne. Źródłem wtórnego zanieczyszczenia zbiorników wodnych są hałdy szlamów i żużla, które wraz z

opadami trafią do wód podziemnych i do Morza Azowskiego, zmieniając skład chemiczny wód.

4. Tekst stron 38–51 rozdziału 3 odnosi się bardziej do rozdziału 4 oraz podrozdziały 4.1, 4.2. i 4.3. do rozdziału 3.
5. Rozdział czwarty ma nazwę "*ASSESSMENT OF THE IMPACT OF INDUSTRIAL WASTEWATER ON THE COASTAL ZONE OF THE SEA OF AZOV*", w tym zawiera informację na temat oceny wpływu infiltratu żuźlowego strefę przybrzeżną Morza Azowskiego. Według mnie nazwa wymaga niektórej poprawki w celu pełnego scharakteryzowania rozdziału.
6. Rozdział 5 opisuje metody oczyszczania ścieków. W tym miejscu pożądane byłoby uzasadnienie metod oczyszczania ścieków dla każdego procesu technologicznego produkcji metalurgicznej. Kryterium wyboru optymalnego systemu oczyszczania ścieków byłoby lepiej zastosowanie kosztu cyklu życia (LCC). Podrozdział 5.2 miał być w rozdziale 3.
7. Rozkład siarki wód infiltracyjnych przy pH = 11 pokazano w tabeli 6.2 (wodorosiarczki wynoszą 9,7%, siarka 90,3%) i zaprzecza danym podanym na wykresie (rys. 3.15) (wodorosiarczki wynoszą ~ 99,5%, siarczki ~ 0,5%). Wykresy na rysunku 6.6. nie mają oznaczeń "1", "2", "3".
8. Schemat technologiczny na rys. 7.1, jak na rys. 7.2, 7.3 i 7.4 wymagają wyjaśnienia i wyraźne wyświetlanie wszystkich elementów urządzeń i wyposażenia zgodnie z zasadami przyjętymi w praktyce inżynierskiej (oznaczenie pomp, rurociągów, roztworów itp.). Według schematu i metody obliczania powstaje wiele pytań dotyczących: technologii wprowadzania odpadów żelaza i kwasu do infiltratu żuźlowego; stężenie, przygotowanie, dostawa i dozowanie roztworu NaOH; wielkości i ilości kolumn sorpcyjnych; zasadności obliczeń parametrów poszczególnych elementów.
9. Rozdział 7.2 "*Elaboration of the alternative slag quenching method*" jest samowystarczalny i zrozumiały. Jednak powiększony rysunek 7.1 z wprowadzeniem proponowanej alternatywnej metody gaszenia żuźła może uczynić go jeszcze bardziej kompletnym.

Powyższe uwagi mają charakter techniczny i nie odnoszą się do wysokiej oceny całej rozprawy.

Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr. inż. Oleny Dan "*OPRACOWANIE KONCEPCJI OGRANICZANIA ŁADUNKÓW ZANIECZYSZCZEŃ ODPROWADZANYCH DO MORZA AZOWSKIEGO PRZEZ HUTĘ "AZOVSTAL"*" jest pracą o charakterze interdyscyplinarnym, poznawczym i aplikacyjnym, stojącą na wysokim poziomie badań. Pani mgr. inż. Olena Dan wykazała w niej dużą wiedzę w zakresie tematyki poruszanej w pracy oraz umiejętności w zakresie samodzielnego prowadzenia badań i interpretacji uzyskiwanych wyników.

Uważam, że oceniana rozprawa **w pełni spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim** określone w ustawie z dnia 14. 03. 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dziennik

Ustaw, 2003 poz. 595 z późniejszymi zmianami) oraz w rozporządzeniu MNiSW z dnia 30 października 2015 w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dziennik Ustaw, 2015 poz. 1842).

W oparciu o powyższe **wniosuję o dopuszczenie mgr inż. Oleny Dan do publicznej obrony rozprawy**, a po jej pomyślnym odbyciu nadanie stopnia doktora nauk technicznych.

Równocześnie ze względu na poziom merytoryczny **wniosuję o rozważenie przez Radę Wydziału** możliwości wyróżnienia ocenianej rozprawy.



Anatoli Hurynovich