

Голові спеціалізованої
вченої ради Д 64.707.04
Національного університету
цивільного захисту України

м. Харків, вул. Чернишевська, 94

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Лобойченко Валентини Михайлівни «Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації водних розчинів», що подана до спеціалізованої вченої ради Д 64.707.04 Національного університету цивільного захисту України на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.02.03 – Цивільний захист

Актуальність теми.

Тема досліджень, запропонована автором, є актуальною з погляду на те, методи попередження надзвичайних ситуацій на об'єктах малотоннажного виробництва, які існують на сьогодні, ускладнюються наявною зношеністю технічного обладнання на об'єктах малотоннажного виробництва та незадовільністю матеріального та фінансового їх забезпечення. Одним з наслідків такої ситуації є недостатня кількість персоналу на цих виробництвах та відсутність ефективних заходів системи цивільного захисту, що спрямовані на попередження надзвичайних ситуацій (НС) техногенного характеру на малотоннажному виробництві.

Зростаюча кількість малотоннажних виробництв в державі підвищує ризик виникнення на них надзвичайних ситуацій внаслідок аварій та порушень технологічних процесів, що, в свою чергу, є загрозою як для оточуючого персоналу, так і для навколишнього середовища.

Протиріччя в законодавчому забезпеченні діяльності системи цивільного захисту, відсутність ефективних, недорогих та експресних методів попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на малотоннажних урбаністичних виробництвах можна подолати шляхом формування єдиних підходів з попередження подібних надзвичайних ситуацій, що базуються на інженерно-технічних методах, які б достатньою мірою охоплювали потреби окремих структурних підрозділів системи цивільного захисту.

Враховуючи зазначене, наукова проблема у сфері цивільного захисту, а саме, створення інженерно-технічних методів попередження НС техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва є актуальною, а її розв'язання є важливим з точки зору підвищення безпеки суспільства та довкілля.

Тенденція до збільшення кількості надзвичайних ситуацій техногенного характеру в країні та в світі вказує на необхідність додаткового вивчення питань забезпечення цивільної безпеки на об'єктах виробництва. При цьому загальновідомим елементом готовності до подібних надзвичайних ситуацій є їхнє раннє попередження, про що відзначається як в міжнародних документах, так і в національних керівництвах. В свою чергу, це вимагає наявності дієвих та інформативних методів попередження надзвичайних ситуацій, тоді як відомі на сьогодні підходи є затратними, спеціалізованими та потребують залучення вузькоспеціалізованих фахівців.

Враховуючи це, наукова проблема у сфері цивільного захисту, а саме, створення інженерно-технічних методів попередження НС техногенного характеру на об'єктах

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ	
Вх. №	83
30.12	2020 р.
Кількість аркушів:	
Осн. док.	8 додат. -

малотоннажного виробництва є актуальною, а її розв'язання є важливим в контексті підвищення безпеки суспільства та довкілля.

Обраний напрямок дослідження відповідає «Стратегії національної безпеки України», затвердженої Указом Президента України від 26 травня 2015 року № 287/2015, Галузевому тематичному плану на 2018 рік прикладних науково-дослідних робіт МВС та галузевому тематичному плану ДСНС України. Робота виконана в рамках науково-дослідних робіт, які проводились у стінах Національного університету цивільного захисту України та Інституту державного управління у сфері цивільного захисту: «Розробка програмно-інформаційного комплексу оцінки характеристик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру» (№ ДР 0109U003072), Дослідження умов раннього моніторингу та попередження надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру» (№ ДР 0112U002587), «Експрес-аналіз природної води як складова ідентифікації надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру» (№ ДР 0119U001005), в тому числі у відповідності до науково-дослідних робіт за договором № 48/0000010 від 03.02.2014 «Екологічна оцінка мінерального складу питних вод курорту Березівські мінеральні води», (№ ДР 0114U002244), «Методика вимірювання електропровідності водних розчинів для визначення хімічного класу фасованих мінеральних вод» (№ ДР 0115U000584), в яких автор виступала відповідальним виконавцем.

2. Мета та основна проблема дослідження.

Розробку нових інженерно-технічних методів попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах та ґрунтових водах визначено як мету роботи.

Вищевказане зумовлено як підходами, що прийняті сьогодні в світі, так і є результатом аналізу стану складової існуючої сучасної системи ДСНС України, що пов'язана з попередженням надзвичайних ситуацій. Відсутність єдиних підходів в світі до попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва вказує на необхідність розробки інноваційних інженерно-технічних методів попередження цих надзвичайних ситуацій, що пов'язані з аналізом окремих компонентів довкілля в межах території функціонування даних об'єктів. Чинником, що потребує термінового реагування, в цьому випадку виступає поширення хімічно-небезпечних речовин понад ГДК за масштабами території об'єкту (для ґрунтів) та на рівні ГДК (для ґрунтових вод)

Автором відмічено, що існуючі підходи з попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва мають істотні системні протиріччя, які пропонується усунути шляхом розробки єдиної системи моніторингу попередження надзвичайних ситуацій, яка б задовольняла вимогам як ДСНС України, так і сфери захисту довкілля та яка б повністю охоплювала всі ланки функціонування Єдиної системи цивільного захисту та екологічної безпеки; а також за рахунок чіткого визначення повноважень усіх суб'єктів моніторингу як в системі цивільного захисту України, так і в системі забезпечення екологічної безпеки держави. При цьому важливим елементом подоланням зазначених протиріч є створення дієвих методів попередження надзвичайних ситуацій.

Усе вищезазначене свідчить про обґрунтований та актуальний вибір теми дослідження, яке направлене на вирішення актуальної науково-практичної проблеми, а саме - створення інженерно-технічних методів попередження НС техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва.

3. Наукова новизна отриманих результатів.

Здобувачем винесено на захист наступні результати:

– математичну модель виявлення негативних факторів накопичення хімічних

речовин в ґрунтах об'єктів малотоннажного виробництва, яка являє собою систему з чотирьох аналітичних залежностей;

– математичну модель виявлення негативних факторів потрапляння хімічних речовин в ґрунтові води поблизу об'єктів малотоннажного виробництва являє собою систему з чотирьох аналітичних залежностей.

– інженерно-технічний метод попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах. Він призначений для попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру та дозволяє скоротити кількість наслідків цієї надзвичайної ситуації першого та другого рівнів пріоритетності і не допустити переростання останньої на більш значний рівень поширення небезпеки.

– інженерно-технічний метод попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах. Він призначений для попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру та дозволяє скоротити кількість наслідків цієї надзвичайної ситуації першого та другого рівнів пріоритетності і не допустити переростання останньої на більш значний рівень поширення небезпеки.

– дві оригінальні лабораторні установки - лабораторну експериментальну установку для ідентифікації небезпечних речовин в ґрунтах та лабораторну експериментальну автоматизовану установку для ідентифікації небезпечних речовин в ґрунтових водах, за допомогою яких перевірено достовірність розроблених математичних моделей та інженерно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах та ґрунтових водах.

Як вважає автор, сукупність вищевказаних результатів розв'язує раніше наведені проблеми функціонування Єдиної системи цивільного захисту України та дозволяє забезпечити ефективність процесу попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах та ґрунтових водах.

На підставі зазначеного вище, вважаю, що отримані здобувачем результати у своїй сукупності представляють собою вирішення важливої наукової проблеми у сфері цивільного захисту з попередження НС техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва в інтересах недопущення їх розповсюдження та переростання на більш значні рівні поширення. Вирішення зазначеної проблеми має важливе значення для підвищення ефективності функціонування всіх підрозділів ДСНС України місцевого та регіонального рівнів підпорядкування в інтересах попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру та оптимізації профілактики їх виникнення на місцях, так і в цілому Єдиної системи цивільного захисту України.

Оцінка новизни та достовірності результатів, що виносяться на захист.

Суть першого наукового результату полягає в тому, що вперше розроблена математична модель виявлення негативних факторів накопичення хімічних речовин в ґрунтах об'єктів малотоннажного виробництва, яка являє собою систему з чотирьох аналітичних залежностей. Перша аналітична залежність описує процес трансформації хімічного складу води в елементах ґрунту від часу та концентрації хімічно-небезпечної сполуки в елементі ґрунту. Друга – встановлює залежність руху води в осередку поширення надзвичайної ситуації від часу початку аварії. Третя – визначає залежність розповсюдження хімічно-небезпечних домішок в елементах ґрунту зони поширення надзвичайної ситуації в залежності від часу та концентрації хімічно-небезпечної сполуки. Четверта дозволяє визначити відповідну електропровідність проб ґрунту в залежності від величини концентрації небезпечних домішок в елементі ґрунту зони поширення

надзвичайної ситуації. Достовірність запропонованої моделі забезпечено співпаданням результатів всіх натурних експериментальних досліджень з результатами імітаційних, що укладаються в довірчі інтервали, розраховані з вірогідністю 95 % за критерієм Стюдента.

Суть другого наукового результату полягає в тому, що вперше розроблено математичну модель виявлення негативних факторів потрапляння хімічних речовин в ґрунтові води поблизу об'єктів малотоннажного виробництва являє собою систему з чотирьох аналітичних залежностей. Перша аналітична залежність описує процес руху ґрунтових вод в зоні поширення надзвичайної ситуації в залежності від гідравлічного напору та коефіцієнту водовіддачі. Друга – встановлює залежність процесу поширення забруднюючих речовин в ґрунтових водах від коефіцієнту гідродинамічної дисперсії та швидкості ґрунтових вод. Третя – визначає залежність конвективної дифузії забруднюючих речовин з урахуванням кінетики сорбції. Четверта – дозволяє визначити відповідність електропровідності ґрунтових вод в залежності від величини концентрації небезпечних домішок в елементі ґрунтових вод зони поблизу об'єкту малотоннажного виробництва. Достовірність зазначеної моделі забезпечено співпаданням результатів всіх натурних експериментальних досліджень з результатами імітаційних, що укладаються в довірчі інтервали, розраховані з вірогідністю 95 % за критерієм Стюдента.

Суть третього наукового результату полягає в тому, що вперше розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах. Він призначений для попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру та дозволяє скоротити кількість наслідків цієї надзвичайної ситуації першого та другого рівнів пріоритетності і не допустити переростання останньої на більш значний рівень поширення небезпеки. Достовірність запропонованого інженерно-технічного методу забезпечено співпаданням результатів всіх натурних експериментальних досліджень з результатами імітаційних, що укладаються в довірчі інтервали, розраховані з вірогідністю 95 % за критерієм Стюдента. Економічна ефективність використання інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах доведена автором аналітично, і на сьогодні може сягати близько 9,4 млн. грн. протягом року.

Суть четвертого наукового результату полягає в тому, що вперше розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах. Він призначений для попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру та дозволяє скоротити кількість наслідків цієї надзвичайної ситуації першого та другого рівнів пріоритетності і не допустити переростання останньої на більш значний рівень поширення небезпеки. Достовірність зазначеної моделі забезпечено співпаданням результатів всіх натурних експериментальних досліджень з результатами імітаційних, що укладаються в довірчі інтервали, розраховані з вірогідністю 95 % за критерієм Стюдента.

Суть п'ятого наукового результату полягає в тому, що було розроблено дві оригінальні лабораторні установки – лабораторну експериментальну установку для ідентифікації небезпечних речовин в ґрунтах та лабораторну експериментальну автоматизовану установку для ідентифікації небезпечних речовин в ґрунтових водах, за допомогою яких перевірено достовірність розроблених математичних моделей та інженерно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах та ґрунтових водах.

4. Значимість для науки та практики результатів дослідження.

Розроблені здобувачем алгоритми застосування інженерно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах та ґрунтових водах і відповідні процедури їх виконання реалізовані у «Методичі вимірювання електропровідності водних розчинів для визначення хімічного класу фасованих мінеральних вод» (zareєстрована в Реєстрі методик проведення судових експертиз Міністерства юстиції України – код 10.5.12 від 23.03.2018) та в процесі повсякденної діяльності фахівців Державної служби України з надзвичайних ситуацій та представників оперативно-рятувальних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій у вигляді практичних рекомендацій з розробки ефективних оперативно-тактичних рішень з попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на малотоннажних виробництвах, що реалізують розроблені керуючий алгоритм та основні процедури інженерно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру та дозволяють значно підвищити ефективність запропонованих управлінських рішень та вчасно вжити заходів протидії. Результати дисертаційного дослідження використані в практичній діяльності Краснокутського районного сектору Головного управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Харківській області, в практичній діяльності Науково-дослідного, проектно-конструкторського та технологічного інституту мікрографії, в практичній діяльності Науково-виробничого підприємства «ЕЛВА» у формі товариства з обмеженою відповідальністю та в практичній діяльності ПрАТ «ВК «УКРНАФТОБУРІННЯ».

5. Можливі шляхи використання наукових результатів дисертації.

Наукові та практичні результати дисертації пропонується використовувати у всіх підрозділах ДСНС України місцевого та регіонального рівнів підпорядкування в інтересах попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру та оптимізації профілактики їх виникнення на місцях.

Результати дисертації можуть бути впроваджені під час розробки керівних документів ДСНС України, а також Кабінету Міністрів України щодо заходів підвищення ефективності протидії надзвичайним ситуаціям техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва.

6. Публікації за темою дисертації та апробація результатів.

Кількість, обсяг та зміст друкованих праць здобувача відображають результати дисертаційного дослідження та відповідають вимогам МОН України щодо опублікування і надають авторові право публічного захисту дисертації. Основні результати дослідження опубліковано у монографії, двадцяти семи наукових статтях, з яких 15 - у міжнародній наукометричній базі Scopus (Q2 - Q4), 5 включені до міжнародних науково-метричних баз Index Copernicus та Ulrich's Periodicals, сім одноосібних. Робота пройшла достатню апробацію: її основні положення доповідались на 18 наукових конференціях, з яких 10-міжнародні.

Додаткові результати досліджень відображені у двох патентах

Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 21.02.03 – цивільний захист.

7. Характеристика змісту дисертаційної роботи.

Дисертація складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і 2 додатків. Загальний об'єм дисертації 311 сторінок, що містить 28 таблиць та 53 ілюстрації, список використаних джерел з 373 найменувань.

Вступ присвячено обґрунтуванню актуальності дисертаційної теми. Надалі сформульовано мету, завдання, визначено методи дослідження. Розглянуто зв'язок з

науковими програмами та темами. Відображено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості щодо апробації та публікації результатів дослідження.

Перший розділ містить аналіз світових тенденцій з вирішення питань попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва в провідних країнах світу та у європейських країнах, що розвиваються. Відзначено, що: попередження цих надзвичайних ситуацій включає як математичні підходи так і окремі локальні вузькопрофільні задачі; не зважаючи на увагу, яка їм приділяється в світі, відсутні єдині світові підходи до попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва. Відповідно, це вказує на необхідність розробки інноваційних інженерно-технічних методів попередження цих надзвичайних ситуацій, пов'язаних з аналізом окремих компонент навколишнього середовища в межах території функціонування даних об'єктів.

У другому розділі розглянуто існуючі підходи з попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва, й показано, що останні мають істотні системні протиріччя. Запропоновано шляхи усунення вказаних протиріч.

У третьому розділі розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах, якій спирається на розроблену математичну модель виявлення негативних факторів накопичення хімічних речовин в ґрунтах об'єктів малотоннажного виробництва; сформульовано керуючий алгоритм інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах, який реалізує відповідну розроблену математичну модель та складається з чотирьох типів блоків, розташованих на чотирьох ієрархічних рівнях, зв'язаних прямими й зворотними логічними зв'язками.

У четвертому розділі розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах, який спирається на розроблену математичну модель виявлення негативних факторів потрапляння хімічних речовин в ґрунтові води поблизу об'єктів малотоннажного виробництва. Відмічено граничні умови застосування інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах. Розроблено керуючий алгоритм цього методу, який реалізує відповідну розроблену математичну модель та складається з чотирьох типів блоків, розташованих на чотирьох ієрархічних рівнях, зв'язаних прямими й зворотними логічними зв'язками.

В п'ятому розділі виконано перевірку достовірності розроблених математичних моделей та інженерно-технічних методів на основі результатів експериментів, отриманих при дослідженні зразків ґрунтів та вод, що відібрані в межах впливу джерела потенційної надзвичайної ситуації. Описано розробку та схеми двох оригінальних лабораторних установок для перевірки розроблених математичних моделей та інженерно-технічних методів. Доведено, що результати всіх натурних експериментальних досліджень співпадають з результатами імітаційних, укладаються в довірчі інтервали, розраховані з вірогідністю 95 % за критерієм Стьюдента, що підтверджує достовірність розроблених математичних моделей, а також достовірність інженерно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва. Оцінено ефективність використання запропонованих інженерно-технічних методів попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах та ґрунтових водах.

В шостому розділі розглянуто приклади застосування математичних моделей та інженерно-технічних методів на окремих об'єктах малотоннажного виробництва, які пропонується використовувати у всіх підрозділах ДСНС України місцевого та регіонального рівнів підпорядкування в інтересах попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру та оптимізації профілактики їх виникнення на місцях..

За результатами виконання наукових досліджень здобувачем сформульовано шість висновків, які загалом відображають зміст роботи і відповідають поставленим задачам.

8. Оформлення дисертації та автореферату.

Детальний аналіз наданого рукопису та автореферату дисертації дає підстави констатувати ідентичність автореферату й основних положень дисертації. Наведені в авторефераті наукові положення, висновки і рекомендації в повному обсязі розкриті й обґрунтовані в тексті дисертації.

Дисертаційна робота написана грамотною технічною мовою, на достатньо високому науковому та теоретичному рівні. Термінологія, що використовується, є загально прийнятною. Мова і стиль викладення автором дисертаційної роботи відповідають стандартам, забезпечують доступність їх сприйняття і відповідають вимогам, що висуваються до сучасних наукових робіт. За кожним розділом і роботою в цілому зроблені чіткі висновки.

Автореферат за змістом відображає основні положення дисертації, її структуру. Дисертація добре структурована, кожний розділ має висновки.

9. Зауваження:

- У початкових і граничних умовах, при розробці математичних моделей, відсутній чітко сформульований облік атмосферних опадів, наприклад, у вигляді зливових дощів, або їх наслідків, наприклад, у вигляді танення снігового покриву. Ці складові можуть серйозно спотворювати інтегральні показання вимірювань.

- у продовженні першого зауваження, недоліком є відсутність в процедурах застосування методів сформульованих гідрометеорологічних умов, за яких зазначені методи можуть застосовуватися.

- У процедурах застосування методів відсутній чіткий опис обліку хімічного складу ґрунтів і, як наслідок, досить вільно трактується застосування отриманих коефіцієнтів для ідентифікації забруднень.

- На мій погляд, недостатньо акцентовано увагу на основних перевагах запропонованих методів, які полягають в оперативному (практично першому вимірі) виявленні інтегрального показника забруднення і оцінки його концентрації.

- На жаль, в пропозиціях щодо розроблених методів на підприємствах малого бізнесу відсутній опис меж (мінімальних обсягів виробництва) їх застосування.

- У тексті дисертаційної роботи мають місце пунктуаційні та друкарські помилки та помилки перекладу.

Слід зазначити, що вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційного дослідження.

Загальний висновок по дисертаційній роботі щодо її відповідності встановленим вимогам

Дисертаційне дослідження Лобойченко Валентини Михайлівни на тему «Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації водних

розчинів» є, на наш погляд, науково завершеним, самостійно виконаним дослідженням, що має суттєву наукову новизну і безперечну практичну цінність. Автору вдалося досягти поставленої мети шляхом вирішення відповідних завдань, в результаті чого вирішено актуальне науково-практичне завдання у галузі цивільного захисту, яке відповідає паспорту спеціальності 21.02.03 «Цивільний захист».

Наведені у відгуку зауваження не носять принципового характеру і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Вважаю, що за актуальністю обраної тематики, новизною досліджень, їх обґрунтованістю та науково-практичною значимістю отриманих результатів, дисертаційна робота відповідає вимогам п 10 «Порядку присудження наукових ступенів України», затвердженого Постановою КМУ № 567 від 24.07.2013, які встановлені МОН України для докторських дисертацій, а її автор, Лобойченко Валентина Михайлівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.02.03 «Цивільний захист».

Офіційний опонент
доктор технічних наук
старший науковий співробітник
відділу ядерно-фізичних технологій,
Державна установа
«Інститут геохімії навколишнього
середовища Національної академії наук України»

Касаткіна Н.В

Підпис д. т. н. Касаткіної Н. В.

ЗАВІРЯЮ.

Вчений секретар Державної установи «Інститут геохімії
навколишнього середовища НАН України», к.т.н.



Литвиненко Ю. В.