

АНОТАЦІЯ

Габбасова С. Прогнозне оцінювання техногенного навантаження на Каспійське море у результаті зміни інфраструктури морської акваторії. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 183 – Технології захисту навколишнього середовища. – Сумський державний університет, Суми, 2021.

Дисертація присвячена вирішенню науково-практичного завдання щодо комплексного екологічного аналізу рівня техногенного навантаження в Каспійському регіоні, впливу зміни інфраструктури регіону на його сталий розвиток, застосування технологій захисту навколишнього середовища для підвищення рівня екологічної безпеки морської акваторії, можливість розвитку співробітництва прикаспійських держав для забезпечення екологічної безпеки. Основними завданнями дисертаційних досліджень було розроблення системи захисту Каспійського моря від техногенного впливу на його акваторію; розроблення рекомендацій щодо зниження імовірності екологічних ризиків Каспійського моря; проектування регіональної системи раннього сповіщення загрози екологічної безпеки Каспійського моря.

Каспійське море є внутрішньою замкненою водоймою, розташованою на значному материковому просторі на межі Європи та Азії, оточена п'ятьма прибережними державами – Республіка Азербайджан, Ісламська республіка Іран, Туркменістан, Республіка Казахстан і Росія. Головною відмінністю Каспію є його мінливість гідрометеорологічних та гідродинамічних режимів, на які впливають як природні, так і антропогенні фактори.

Зростає ймовірність екологічних проблем у Каспійському регіоні, пов'язаних зі зміною інфраструктури промисловості. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває вивчення процесів як природних, так і тих, що обумовлені господарською діяльністю зі зміною інфраструктури промисловості, що впливають на екологічну стабільність Каспію та сталий розвиток Каспійського регіону.

Мета дисертаційного дослідження полягає у підвищенні рівня екологічної безпеки Каспійського моря та реалізації принципів організації раціонального природокористування та сталого розвитку регіону.

Автором було поставлено та вирішено такі завдання дисертаційного дослідження: провести аналіз екологічного стану Каспійського моря; визначити основні фактори, що впливають на сталий розвиток регіону; провести екологічний моніторинг Каспійського моря; дослідити екологічний стан та його формування під впливом техногенного впливу; розробити технологію захисту довкілля для утилізації забруднень; оцінити вплив вуглеводневого забруднення Каспію; розробити рекомендації щодо захисту навколишнього середовища від нафтового забруднення; розробити рекомендації щодо зниження виникнення екологічних ризиків; розробити рекомендації щодо створення регіональної системи екологічної безпеки.

Автором проаналізовано процеси, що формують екосистему Північного Каспію у природних умовах і, тим більше, у стані стресу при надзвичайних ситуаціях нафтового розливу. Вони настільки складні, різноманітні і взаємозалежні, що прогнозувати їх розвиток в кількісних співвідношеннях фактично неможливо. Стохастичний характер цих процесів досить очевидний. Їх статистичний опис, тобто визначення не випадкових характеристик цих випадкових процесів, потребують виконання величезної кількості моніторингових та експедиційних спостережень на єдиній методичній основі. Сьогодні це неможливо, тому необхідно спиратися на приблизні оціночні характеристики типу часу відновлення, уразливості і чутливості до нафтового забруднення. Звичайно, на разі, ці величини визначені на інтуїтивному рівні, проте їх чітке формулювання в контексті стохастичної моделі дозволить досить обґрунтовано оцінити ризики ураження біоти при аварійних нафтових розливах.

Результати сучасних наукових досліджень підтверджують, що море знаходиться під впливом потужних антропогенних впливів, що призводять до певних негативних екологічних наслідків. Так, окремі райони Каспію вже перетворилися в мертві зони, де майже не зустрічаються риби і безхребетні тварини. Загалом, води Каспійського моря характеризуються як «забруднені».

Встановлено, що екологічні проблеми Каспію і його узбережжя є наслідком усієї історії екстенсивного економічного розвитку в країнах регіону. На цьому позначаються як довгострокові природні зміни (вікові коливання рівня моря, зміна клімату), так і соціально-економічні проблеми (економічні кризи, регіональні конфлікти, розвиток видобутку нафти тощо). Облік і дослідження техногенних факторів забруднення акваторії Каспійського моря, їх взаємозв'язок із природним середовищем – це складне та багатофакторне завдання. Воно вимагає інформаційної підтримки різних факторних даних і застосування сучасних методів їх аналізу.

Автором встановлено, що значної шкоди водним об'єктам завдає сільське господарство за рахунок, переважно, стоку з полів використаних хімікатів (добрив і пестицидів). Через ігнорування встановленої відсоткової норми та легку розчинність мінеральні добрива, що є солями неорганічних кислот (нітратами, фосфатами калію і амонію), мігрують в поверхневі й підземні води. Наслідком їх впливу є підвищення вмісту біогенних елементів у воді, бурхливий розвиток синьо-зелених водоростей, що викликає «цвітіння води» і протікання процесу евтрофікації. Найнебезпечнішими з позицій екологічної безпеки є фосфор- і хлормісткі пестициди, у складі яких є високотоксичні органічні речовини, особливо дихлордифенілтрихлоретан і гексахлорциклогексан.

Варто відмітити, що механічні та фізико-хімічні методи боротьби з нафтовими забрудненнями здатні видалити нафту з водної поверхні, однак у боротьбі з емульгованою нафтою і тонкої нафтовою плівкою вони малоефективні. Біоремедіаційний спосіб очищення водної екосистеми допомагає усунути недоліки цих методів і може застосовуватися спільно з ними для більшої ефективності очищення.

Автором запропоновано суміщений метод очищення нафтових забруднень, що працює в два етапи і дозволяє досягти високого ступеня очищення. Перший етап очищення – механічний, який забезпечує збір нафти до заданої товщини нафтової плівки, який розраховується на основі фізико-хімічних властивостей нафти і гідродинамічних особливостей морської акваторії, другий – біоремедіаційний.

Все вищезазначене підтверджує актуальність теми дисертаційного дослідження, яка має важливе наукове та практичне значення, оскільки спрямована на вирішення актуального науково-практичного питання підвищення екологічної безпеки Каспійського регіону.

Автором вперше для зниження техногенного навантаження на Каспійське море проведений комплексний аналіз екологічних проблем, що дозволив виявити річковий стік як переважаюче джерело забруднення морського середовища нафтопродуктами, пестицидами та важкими металами.

Автором вперше на підставі проведеного екологічного моніторингу Каспійського моря із урахуванням його екологічного стану методами дистанційного зондування визначені техногенно напружені зони та одержано дані динаміки нафтового забруднення морського середовища.

Автором вперше для оцінювання техногенного навантаження на Каспійське море з використанням інтегрально-диференційного методу розроблено систему індикаторів та сигнальних показників якості, що враховує як фізико-хімічні властивості абіотичної компоненти екосистеми, так і параметри еколого-трофічних груп біоти.

Автором вперше з метою підвищення екологічної безпеки Каспійського моря під час утилізації нафтових забруднень встановлено закономірності зміни показників рН та газоутворення процесу деструкції нафтових вуглеводнів після внесення гібридного біопрепарату, одержаного на основі біохімічних відходів.

Автором вперше розроблені заходи щодо запобігання загроз екологічної безпеки та попередження екологічних ризиків в Каспійському регіоні та запропоновані варіанти удосконалення нормативної бази, яка регламентує екологічну безпеку регіону.

Автором розвинуто гідродинамічні моделі розтікання та розливу нафти, що дозволили визначити об'єм і площу нафтової плівки для прогнозування масштабів аварійних розливів нафти в море і зону максимального ураження екосистеми.

На підставі проведеного екологічного моніторингу Каспійського моря запропоновано комплекс заходів щодо забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку Каспійського регіону.

Обґрунтовано біохімічний спосіб ліквідації нафтових розливів як найбільш ефективний, у результаті чого розроблено та одержано біопрепарат у формі гранул, що містить іммобілізовані активні штами мікроорганізмів, які володіють нафтодеструктивною здатністю. Запропонована технологія утилізації нафтових забруднень із використанням гібридного біохімічного препарату показала високу ефективність деструкції нафти та нафтопродуктів.

Реалізовані рекомендації щодо розробки нормативних та методичних матеріалів забезпечення екологічної безпеки та правових відносин прикаспійських держав. Розроблені заходи щодо зниження потенційного екологічного ризику від техногенного впливу антропогенного походження, що дає можливість підвищити рівень екологічної безпеки Каспійського регіону.

Результати дослідження впроваджено в навчальний процес кафедри екології та природозахисних технологій Сумського державного університету під час викладання дисциплін «Техноекологія» та «Міжнародне співробітництво в галузі екології».

Дисертаційна робота є завершеним дослідженням у науковому напрямку екологічної безпеки. Основні положення, розробка та обґрунтування наукової новизни та практичного значення дисертаційної роботи отримано автором самостійно.

Основні результати роботи доповідались та опубліковані в матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій та наукових виданнях.

Ключові слова: техногенне навантаження, екологічна безпека, забруднення морських вод, екологічні проблеми Каспію.

SUMMARY

Gabbasova S. Predictive estimation of technogenic load on the Caspian Sea as a result of changes in the infrastructure of the sea area. – Qualifying scientific work on the manuscript rights.

Thesis for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy by specialty 183 – Environmental protection technologies. – Sumy State University, Sumy, 2021.

The dissertation is devoted to solving a scientific and practical problem of comprehensive environmental analysis of the man-made load level in the Caspian region, the impact of changes in the region's infrastructure on its sustainable development, application of environmental protection technologies to improve the ecological safety of marine waters. The main objectives of the dissertation research were to develop a system of protection of the Caspian Sea from man-made impact on its waters; development of recommendations to reduce the probability of environmental risks of the Caspian Sea; design of a regional system for early warning of the threat to environmental safety of the Caspian Sea.

The Caspian Sea is an inland closed body of water located on a large continental area on the border of Europe and Asia. It is surrounded by five coastal states – the Republic of Azerbaijan, the Islamic Republic of Iran, Turkmenistan, the Republic of Kazakhstan and Russia. The main difference of the Caspian Sea is its variability of hydrometeorological and hydrodynamic regimes, which are influenced by both natural and anthropogenic factors.

There is a growing probability of environmental problems in the Caspian region due to changes in industrial infrastructure. In this regard, the study of both natural and economic processes with changes in industrial infrastructure, which affect the ecological stability of the Caspian Sea and the sustainable development of the Caspian region, becomes especially relevant.

The goal of the dissertation research is to increase the level of environmental safety of the Caspian Sea and the implementation of the principles of rational environmental management and sustainable development of the region.

The author set and solved the following tasks of the dissertation research: analysis of the ecological state of the Caspian Sea; identification of the main factors that influence the sustainable development of the region; conducting ecological monitoring of the Caspian Sea; study of the ecological state and its formation under the influence of man-made influence and developing of the pollution utilization technology; assessment of the impact of hydrocarbon pollution of the Caspian Sea; development of

recommendations for protection of the environment from oil pollution; development of recommendations to reduce the occurrence of environmental risks; development of recommendations for the creation of a regional system of environmental safety.

The author has analyzed the processes that form the ecosystem of the North Caspian Sea under natural conditions and, moreover, in a state of stress during oil spill emergencies. They are so complex, diverse and interdependent that it is virtually impossible to predict their development in quantitative terms. The stochastic nature of these processes is quite obvious. Their statistical description, i.e. determination of non-random characteristics of these random processes, requires a huge number of monitoring and expeditionary observations on a single methodological basis. Today it is not possible, so it is necessary to rely on approximate estimates of the type of recovery time, vulnerability and sensitivity to oil pollution. Of course, at present time, these values are defined on an intuitive level, but their clear formulation in the context of the stochastic model will allow a fairly reasonable assessment of the risks of ecosystem's damage in emergency oil spills.

The results of modern scientific research confirm that the sea is under the influence of powerful anthropogenic influences that lead to certain negative environmental consequences. Thus, some areas of the Caspian Sea have already become dead zones, where fish and invertebrates are almost non-existent. In general, the waters of the Caspian Sea are characterized as «polluted».

It was found that the ecological problems of the Caspian Sea and its coast are a consequence of the whole history of extensive economic development in the countries of the region. This affects both long-term natural changes (age fluctuations in sea level, climate change) and socio-economic problems (economic crises, regional conflicts, the development of oil production, etc.). Accounting and research of man-made factors of pollution of the Caspian Sea, their relationship with the natural environment is a complex and multifactorial task. It requires information support of various factor data and the use of modern methods of their analysis.

The author found that significant damage to water bodies is caused by agriculture, mainly due to runoff from the fields of used chemicals (fertilizers and pesticides). Due to ignoring the percentage rate and easy solubility, mineral fertilizers, which are salts

of inorganic acids (nitrates, potassium phosphates and ammonium), migrate to surface and groundwater. The consequence of their influence is an increase in the content of nutrients in the water, the rapid development of blue-green algae, which causes «water bloom» and the process of eutrophication. The most dangerous from the point of view of ecological safety are phosphorus- and chlorine-containing pesticides, which contain highly toxic organic substances, especially dichlorodiphenyltrichloroethane and hexachlorocyclohexane.

It should be noted that mechanical and physico-chemical methods of combating oil pollution can remove oil from the water surface, but in the fight against emulsified oil and thin oil film, they are ineffective. Bioremediation method of water ecosystem treatment helps to eliminate the disadvantages of these methods and can be used in conjunction with them for greater treatment efficiency.

The author has proposed a combined method of purification of oil pollution, which works in two stages and allows to achieve a high degree of purification. The first stage of purification is mechanical, which provides oil collection to a certain thickness of the oil film, which is calculated on the basis of physicochemical properties of oil and hydrodynamic features of the sea area, the second is bioremediation.

All the above confirms the relevance of the topic of dissertation research, which has important scientific and practical significance, as it is aimed at solving the actual scientific and practical issue of improving the environmental safety of the Caspian region.

For the first time to reduce the man-made impact on the Caspian Sea the author conducted a comprehensive analysis of environmental problems, which revealed the river runoff as the predominant source of pollution of the marine environment with petroleum products, pesticides and heavy metals.

The author for the first time on the basis of the ecological monitoring of the Caspian Sea taking into account its ecological condition by methods of remote sensing has defined technogenic tense zones and received a data of dynamics of oil pollution of the marine environment.

For the first time, the author has developed a system of indicators and signal quality indicators to assess the man-made load on the Caspian Sea using the integrated-

differential method, which takes into account both physico-chemical properties of the abiotic component of the ecosystem and parameters of ecological and trophic biota groups.

For the first time, in order to increase the ecological safety of the Caspian Sea during the utilization of oil pollution, the author has found patterns of changes in pH and gas formation of the process of destruction of petroleum hydrocarbons after the introduction of a hybrid biological product based on biochemical waste.

The author for the first time developed measures to prevent threats to environmental safety and prevent environmental risks in the Caspian region and proposed options for improving the regulatory framework governing the environmental safety of the region.

The author has developed hydrodynamic models of oil spreading and spills, which allowed to determine the volume and area of the oil slick to predict the scale of emergency oil spills into the sea and the area of maximum ecosystem damage.

A set of measures to ensure environmental safety and sustainable development of the Caspian region based on the conducted environmental monitoring of the Caspian Sea was proposed.

The biochemical method of oil spill liquidation as the most effective has been substantiated. As a result biological preparation in the form of granules containing immobilized active strains of microorganisms with oil-destructive ability has been developed and obtained. Proposed technology of utilization of oil pollution using a hybrid biochemical has showed high efficiency of destruction of oil and oil products.

Recommendations for the development of regulatory and methodological materials to ensure environmental safety and legal relations of the Caspian states have been implemented. Measures to reduce the potential environmental risk from man-made impacts, which makes it possible to increase the level of environmental safety of the Caspian region, have been developed.

The results of the research were introduced into the educational process of the Department of Ecology and Environmental Protection Technologies of Sumy State University in the disciplines «Technoecology» and «International cooperation in the field of ecology».

The dissertation is a completed research in the scientific field of environmental safety. The main provisions, development and substantiation of scientific novelty and practical value of the dissertation work were received by the author independently.

The main results of the dissertation were reported and published in international and national conferences and scientific journals.

Key words: technogenic load, ecological safety, pollution of sea waters, ecological problems of the Caspian Sea.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Plyatsuk L. D., Ablieieva I. Yu., Gabbasova S. M., Mamutova A. A. System approach to the assessment of anthropogenic impact on marine ecosystems during oil production activities. *Environmental problems*. 2018. Vol. 3. No. 3. P. 157–166.

2. Plyatsuk L. D., Gabbasova S. M., Ablieieva I. Yu., Mamutova A. A. Analysis of technogenic load of oil and gas production on Caspian Region. *Journal of Engineering Sciences*. 2018. Vol. 5. Iss. 2. P. H9–H17.

3. Пляцук Л. Д., Аблеева И. Ю., Габбасова С. М., Аблеев А. Г., Сипко И. А. Анализ источников антропогенного воздействия на природную среду Каспийского моря. *Екологічна безпека*. 2018. № 2 (26). С. 49–58.

4. Ablieieva I., Sipko I., Gabbasova S. Toxicological and microbiological assessment of oil-polluted soils in biotechnological decontamination. Proceedings of 9-th International Youth Science Forum «*Litteris et Artibus*». Lviv, Ukraine : Lviv Polytechnic National University, 2019. P. 201–207.

5. Ablieieva I., Plyatsuk L., Roi I., Chekh O., Gabbassova S., Zaitseva K., Lutsenko S. Study of the oil geopermeation patterns: a case study of ANSYS CFX software application for computer modeling. *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 287. P. 112347.

6. Пляцук Л. Д., Аблеева И. Ю., Габбасова С. М. Комплексная экологически безопасная переработка регенеративной серы. *Сталий розвиток – погляд у майбутнє* : збірник матеріалів семінару (м. Львів, 15 вересня 2017 року). Львів : НУ «Львівська політехніка», 2017. С. 32.

7. Plyatsuk L. D., Ablieieva I. Y., Gabbasova S. M. Assessment of technogenic impact on marine ecosystems during oil production process. *Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування* : збірник матеріалів 5-го Міжнародного конгресу. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2018. С. 57.

8. Plyatsuk L. D., Ablieieva I. Yu., Gabbasova S. M. Environmental problems of development and offshore oil production for the Caspian region of Kazakhstan. *Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр* : материалы XVII Международной научно-практической конференции. Актау : КГУТИ им. Ш. Есенова, 2018. С. 7–8.

9. Пляцук Л. Д., Габбасова С. М., Аблеєва І. Ю. Дослідження джерел техногенного впливу на водні об'єкти (на прикладі Каспійського моря). *Проблеми екологічної безпеки* : матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції (4-6 жовтня 2018 р.). Кременчук : ПП Щербатих О. В., 2018. С. 74–76.

10. Gabbasova S., Plyatsuk L., Ablieieva I. Biomonitoring application perspectives in decision of the estimation of the Caspian sea environmental state. *Actual Environmental Problems* : VIII-th International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students. Minsk: International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, 2018. P. 98–99.

11. Габбасова С. М., Аблеєва І. Ю. Экологические проблемы Каспийского моря. *Экология и безопасность* : материалы Международной научно-практической конференции молодых исследователей им. Д. И. Менделеева, посвященной 10-летию Института промышленных технологий и инжиниринга : сборник статей. Т. 2. Тюмень : ТИУ, 2019. С. 162–164.

12. Plyatsuk L. D., Ablieieva I. Yu., Gabbasova S. M. Environmental problems of the Caspian sea associated with the transportation or production of oil on the continental shelf. *Сучасні технології у промисловому виробництві*: матеріали VI Всеукраїнської науково-технічної конференції (Суми, 16-19 квітня 2019 р.). Суми : Сумський державний університет, 2019. С. 213–214.

13. Plyatsuk L. D., Gabbasova S. M., Ablieieva I. Yu. Methodological approaches to the protection of the Caspian Sea marine environment. *Екологія–2019* : VI-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (25-27 вересня 2019 р.). Вінниця : ВНТУ, 2019. С. 80.

14. Plyatsuk L. D., Ablieieva I. Yu., Gabbasova S. M. Methodology for calculating the assessment of technogenic load on marine ecosystems (by the example of the Caspian Sea). *Сучасні технології у промисловому виробництві* : матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21-24 квітня 2020 р.). Суми : Сумський державний університет, 2020. С. 211–212.

15. Пат. 146472 Україна, МПК (2006.01) B09C 1/10. Спосіб біоремедіації нафтозабруднених об'єктів / І. Ю. Аблеєва, Л. Д. Пляцук, І. О. Бережна, С. М. Габбасова; заявник та патентовласник Сумський державний університет. № u202005565; заявл. 27.08.2020; опубл. 24.02.2021, бюл. № 8. 4 с.