

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
“ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ”

ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА
БЕЗПЕКА ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ВИПУСК 7

КИЇВ
2014

ISSN 2220-8585

Головний редактор
ЛИСИЧЕНКО Георгій Віталійович

Editor-in-chief
Georgiy V. LYSYCHENKO

Заступники головного редактора:
Демехін Г.А. (Україна)
Забулонов Ю.Л. (Україна)

Deputy Editors:
Demekhin G.A. (Ukraine)
Zabulonov Yu.L. (Ukraine)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Бойко А.П. (Україна)
Коваленко Г.Д. (Україна)
Барбашев С.В. (Україна)
Бондаренко Г.М. (Україна)
Белєвцев Р.Я. (Україна)
Горлицький Б.О. (Україна)
Крайнов І.П. (Україна)
Шмандій В.М. (Україна)
Яковлев Є.О. (Україна)
Чумаченко С.М. (Україна)

EDITORIAL BOARD:

Boyko A.P. (Ukraine)
Kovalenko G.D. (Ukraine)
Barbashev S.V. (Ukraine)
Bondarenko G.M. (Ukraine)
Belevtsev R. Ya. (Ukraine)
Gorlitsky B.A. (Ukraine)
Kraynov I.P. (Ukraine)
Shmandiy V.M. (Ukraine)
Yakovlev E.O. (Ukraine)
Chumachenko S.M. (Ukraine)

Секретар Фесай О.П.

Secretary Fesay O.P.

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Войчик В. (Польща)
Алієв Р. (Азербайджан)
Калінін М. (Білорусь)
Єременко В.А. (Росія)

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Wojcik W. (Poland)
Aliiev R. (Azerbaijan)
Kalinin M. (Belarus)
Eremenko V.A. (Russia)

Технічний секретар: Краснова І.Б.

ЗАСНОВНИКИ:

Національна академія наук України
Міністерство надзвичайних ситуацій України
Державна установа “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”

Адреса редакційної колегії:

03680, Київ-142, пр. Палладіна, 34-А
ДУ “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”,
Тел. (044) 424 00 29, факс (044) 423 17 96. Електронна пошта: u-risk@ukr.net

Друкується за постановою Вченої ради ДУ “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”

Свідоцтво про державну реєстрацію ДЗМІ – серія КВ № 16163-4635Р від 30.12.2009 р.

Фахова реєстрація у ВАК України в галузі геологічних і технічних наук (екологічна безпека)
Постанова Президії ВАК України від 23.02.2011 № 1-05/2

ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Випуск 7. Київ, 03680, м. Київ, ПП “Видавництво “ФЕНІКС”, 2014-144с.

© Державна установа “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”

ЗМІСТ

Проблеми техногенно-екологічної безпеки

- Верховцев В.Г., Лисиченко Г.В., Тищенко Ю.Є.* Комплексний екологічний моніторинг зони перспективної розробки Біланівського залізорудного родовища та прилеглих територій 5
- Азаренко Е.В., Гончаренко Ю.Ю., Дивизинюк М.М., Ковач В.Е.* Варианты построения систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ 12
- Бородіна Н.А.* Оцінка впливу транспортних засобів на атмосферне повітря при різних режимах експлуатації вулично-дорожньої мережі 26
- Попов О.О.* Організація екологічного моніторингу нерадіаційних факторів впливу на навколишнє природне середовище в зонах спостереження АЕС України 37
- Дмитренко Т.В., Яковлев В.В.* Техногенез грунтовых вод на подтопленных территориях на примере Харькова 46
- Приходько В.В.* Екологічна безпека при спусканні Київського водосховища. Стійкість ґрунтового комплексу геологічного середовища до техногенного навантаження. Прогноз розвитку екологічної ситуації та безпека життєдіяльності. 53
- Маленков Р.О.* Можливості створення електронної системи кадастру на основі матеріалів багаторічного моніторингу Ташлицької ГАЕС 65
- Акимова О.Р., Кураева И.В., Самчук А.И., ВОВК Е.В.* Литогеохимические особенности донных отложений г. Киева и формы нахождения в них тяжелых металлов 72

Проблеми радіаційної безпеки

- Марініч О.В., Тищенко О.Ю.* Забруднення ґрунтів Дніпродзержинського регіону природними радіонуклідами 82
- Алексеева О.В., Буртняк В.М., Забулонов Ю.Л., Лисиченко Г.В., Одукалец Л.А.* Підвищення безпеки енергоблоків АЕС на основі впровадження комплексу безперервного контролю теплоносія 1-го контуру 90
- Краснов Є.Б., Перкатий К.Є., Тищенко О.Ю., Тищенко Ю.Є., Юськів Ю.В.* Основні результати радіоекологічних досліджень території Дніпродзержинського промислового вузла 97

Проблеми цивільного захисту

- Тютюник В.В., Бондарєв М.В., Шевченко Р.І., Черногор Л.Ф., Калугін В.Д.* Особливості класифікації території України за основними показниками повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки 107
- Азаренко Е.В., Бляшенко О.В., Ковач В.Е., Дивизинюк М.М.* Хронология чрезвычайных ситуаций и основные этапы их развития 119

Охорона навколишнього середовища

- Семенов Ю.І., Яцюк О.П., Нікулін М.О.* Адсорбційні властивості терморозширеного графіту по відношенню до нафтопродуктів 129
- Титов И.Н., Фарзах Фаваз Салим Фатах, Кан В.М.* Инновационная технология очистки сточных вод с помощью вермифильтрации. Обзор 137

CONTENS

Problems of technogenic and ecological safety

- Verkhovtsev V., Lysychenko G., Tyshchenko Yu.* Integrated environmental monitoring of promising developments zone of Belanovo iron ore deposit and adjacent areas 5
- Azarenko E., Goncharenko YU., Diviziniuk M., Kovach V.* Variants of ecological monitoring systems construction of sea burials of chemical warfare agents 12
- Borodina N.* Evaluation of vehicles impact on air in different modes of road network 26
- Popov A.* Organization of Environmental monitoring of non-radiation factors and their influence on the environment in the surveillance areas of Ukrainian NPPs 37
- Dmitrenko T., Yakovlev V.* Groundwaters technogenesis in the underflooding territories by example of Kharkiv 46
- Prihodko V.* Descent of the Kiev water basin. Stability of an earth complex of the geological environment anthropogenous loading. The forecast of development of an ecological situation and safety of ability to live 53
- Malenkov R.* Possibilities of creation of electronic cadastre system on the basis of many years monitoring of Tashlyk HPES 65
- Akimova O., Kuraeva I., Samchuk A., Vovk K.* Lithologic-and-gechemical features of ground deposits of Kiev region and forms of finding of heavy metals in them 72

Problems of radiation safety

- Marinich O., Tyshchenko O.* Soil contamination of Dniprodzerzhynsk region by natural radionuclides 82
- Alekseeva E., Burtnyak V., Zabulonov Y., Lisichenko G., Odukalets L.* Improving safety NPP units based on application of non-destructive complex continuing control coolant 1-st circuit 90
- Krasnov Y., Perkatyj K., Tyshchenko O., Tyshchenko Y., Yuskiv Y.* The main results of radioecological research within Dneprodzerzhinsk industrial sites 97

Problems of civil protection

- Tiutiunik V.V., Bondarev N.V., Shevchenko R.I., Chernogor L.F., Kalugin V.D.* Features of classification of the territory of Ukraine on to the main indicators of daily functioning and manifestation of technogenic danger 107
- Azarenko E., Bliashenko O., Kovach V., Diviziniuk M.* Chronology of the emergencies and the main periods of their development 119

Environmental protection

- Sementsov Yu., Yatsyk O., Nikulin M.* Adsorption properties of expanded graphite with respect to oil products 129
- Igor N. Titov, Farzah Fawaz Salim Fatah, Vyacheslav M. Kan* Innovative technology wastewater treatment using method of the vermifiltration. Review 137

ПРОБЛЕМИ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 504.054:574.3

В.Г. ВЕРХОВЦЕВ, Г.В. ЛИСИЧЕНКО, Ю.Є. ТИЩЕНКО

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ

КОМПЛЕКСНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЗОНИ ПЕРСПЕКТИВНОЇ РОЗРОБКИ БІЛАНІВСЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО РОДОВИЩА ТА ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ

Описано систему радіоекологічного моніторингу, який пропонується впровадити до початку активних робіт з розробки Біланівського залізорудного родовища в Полтавській області. Пропозиції базуються на результатах наукових досліджень проведених Інститутом протягом 2012-14 років.

Наукові роботи, пов'язані з дослідженням та оцінюванням екологічних аспектів перспективної розробки Біланівського родовища залізистих кварцитів, проводяться колективом фахівців ДУ «ІГНС НАН України» на замовлення ТОВ «Біланівський ГЗК» протягом трьох останніх років. За цей час виконано: комплексні натурні радіоекологічні дослідження та оцінку радіаційних ризиків, пов'язаних з запланованою діяльністю; гідрогеохімічне обстеження водних об'єктів території зони впливу БГЗК; вивчення можливого впливу уранової мінералізації Кременчуцького рудопрояву на формування природного радіаційного фону зазначеної території; завершено перший з двох етапів радіаційного моніторингу Біланівського родовища та прилеглих територій [1–4].

Під час науково-дослідних робіт вивчено значний обсяг фондових матеріалів, накопичено суттєвий масив фактичних даних, отриманих в результаті польових та лабораторних досліджень. Результати робіт відображені у матеріалах відповідних звітів та кількох наукових публікаціях.

На основі підкріплених фактичними матеріалами даних є можливість зробити певні висновки щодо сучасного екологічного стану досліджуваної території та попередньо оцінити його ймовірну динаміку під впливом запланованої діяльності з розроблення кар'єру.

Пріоритетним напрямом екологічної турботи слід вважати забезпечення стабільної радіоекологічної ситуації та мінімізацію радіаційних ризиків. Другим за важливістю екологічним аспектом є питання поводження з водними ресурсами, а саме – розробка оптимальної схеми утилізації кар'єрних вод. Важливими екологічними питаннями є також безпека повітряного басейну та збереження родючого ґрунту.

На наше переконання на даному етапі першочерговими є два завдання: організації ефективної системи комплексного екологічного моніторингу та проведення ряду спеціальних наукових та технічних досліджень для розробки оптимальних схем забезпечення екологічної безпеки основних робіт. Слід відмітити вже наявний очевидний прогрес у зазначених питаннях, який дає реальні підстави вважати, що замовник будівництва цілком усвідомлює власну відповідальність та готовий і надалі докладати необхідні зусилля у цих напрямках.

На даний час встановлено, що радіоекологічна ситуація досліджуваної території в цілому не викликає занепокоєння. Проте геологічні та гідрогеологічні умови родовища створюють передумови які, при певному збігу обставин, можуть спричинити негативні екологічні та радіоекологічні впливи різної інтенсивності. Це обумовлює необхідність: по-перше – використати час до початку основних робіт для максимального накопичення

фактичного матеріалу із розширенням зони досліджень; по-друге – після початку робіт забезпечити екологічний контроль на всіх стадіях і на всіх ділянках виробництва.

У даній публікації нами пропонується схема комплексного екологічного моніторингу території, прилеглої до БГЗК, яка підготовлена з урахуванням даних вже виконаних досліджень.

Моніторинг включає періодичний контроль якості підземних та поверхневих вод, дозиметричний контроль середовища та ґрунтового покриву, контроль активності радону-226 у повітрі та ґрунтах, контроль щільності потоку радону, контроль активності радіонуклідів уранового та торієвого рядів у пробах ґрунту.

Також пропонується облаштування додаткового куша режимних спостережних гідрогеологічних свердловин для дослідження ймовірного водообміну між водоносними горизонтами осадових порід та тріщинуватих докембрійських кристалічних порід. Останній безпосередньо пов'язаний з розломними структурами, що спричиняє певний ризик міграції урану і радію водоносними горизонтами у бік депресивної воронки підземних вод, яка утвориться після початку гірничих робіт.

Тобто, додатковий куш свердловин дозволить попередньо оцінити масштаби потенційного негативного впливу Кременчуцького родовища урану на води кар'єрного водовідливу Біланівського залізорудного родовища та вести постійний моніторинг вже після початку основних робіт.

Нижче показані запропоновані схеми розташування пунктів опробування.

Поверхні води

Об'єкти: річки Рудька та Псел, ставок-охолоджувач КНПЗ (8 пунктів опробування).

Компоненти: основні іони, мінералізація, розчинний кисень, рН, еН; визначення масової частки ^{238}U .

Періодичність: 2 рази на рік – весна (березень – квітень) та осінь (вересень – жовтень).

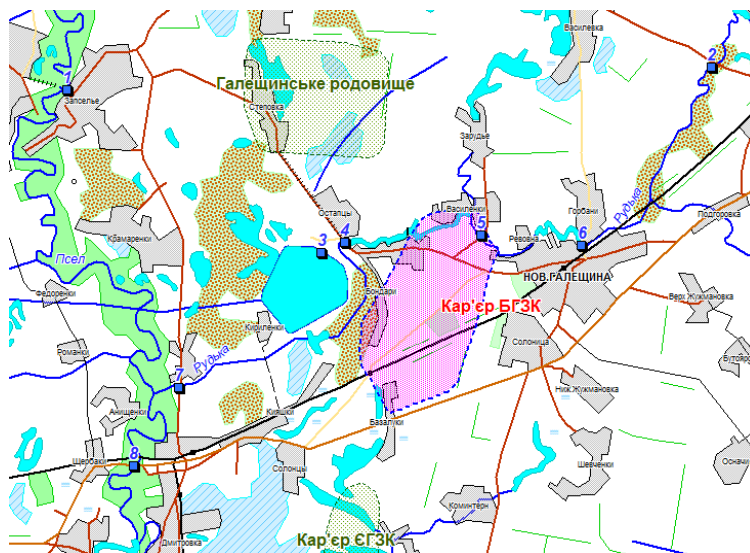


Рис. 1. Схема розташування пунктів опробування поверхневих вод

Підземні води

Об'єкти: три горизонти підземних вод, розкриті параметричними свердловинами БГЗК, розташованими чотирма кушами на території кар'єру, четвертинний горизонт – колодязі приватного водокористування (11 пунктів опробування). Крім того, за умови створення додаткового куша гідрогеологічних свердловин для режимних спостережень – підземні води кори вивітрювання докембрійських кристалічних порід.

Компоненти: основні іони, мінералізація, розчинний кисень, рН, еН; визначення масової частки ^{238}U .

Періодичність: 2 рази на рік – весна (березень – квітень) та осінь (вересень – жовтень).

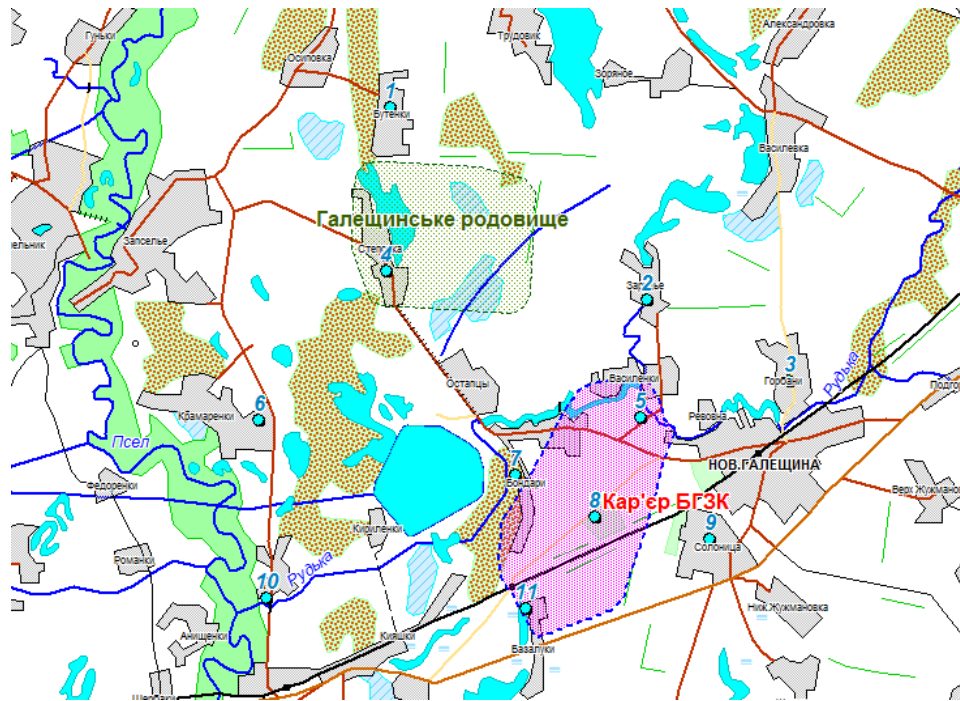
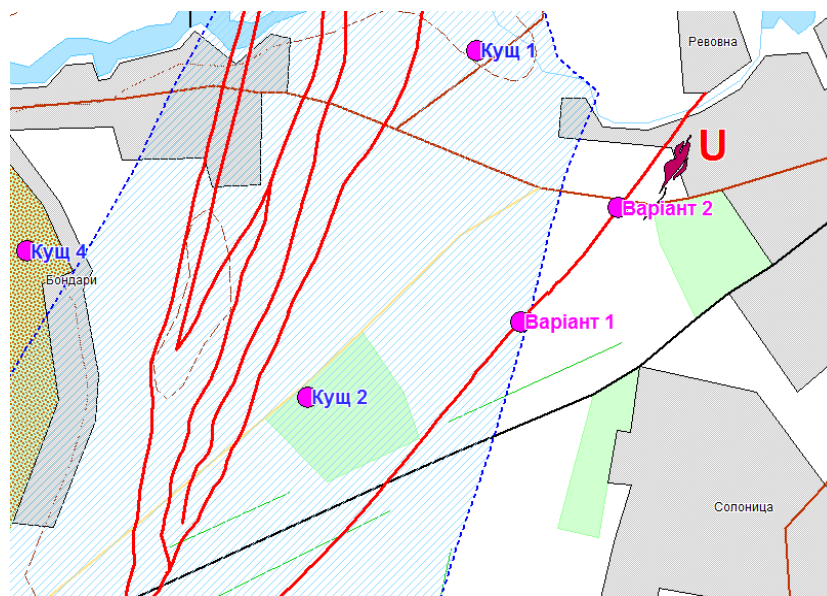


Рис. 2. Схема розташування пунктів опробування підземних вод

Куці свердловин режимних спостережень для вивчення гідрогеохімічних ореолів, пов'язаних з виносом радіоактивних ізотопів за межі Кременчуцького родовища, на наш погляд, слід закласти з метою одержання достовірних даних про напрямок і масштаби переносу радіоактивних елементів в межі Біланівського родовища заліза. Глибина спостережних свердловин повинна дорівнювати не менше 120 м, що дасть змогу перетнути осадовий чохол і підстеляючи його кори вивітрювання – головну транспортну структуру міграції елементів і забруднення сусідніх ділянок докембрію. Варіанти можливого розміщення такого куца наведені нами на рис. 3.



Координати:

Варіант 1: довгота – 33,725102; 33⁰ 43'30"; широта – 49,162330; 49⁰ 09'04".

Варіант 2: довгота – 33,733059; 33⁰ 49'06"; широта – 49,168341; 49⁰ 10'06".

Рис. 3. Варіанти розміщення куца гідрогеологічних свердловин для режимних спостережень

Дозиметричний контроль, активність радіонуклідів у ґрунтовому шарі

Об'єкти: пункти опробування за профілями згідно схеми рис. 4. (59 пунктів опробування).

Види аналізів: польові вимірювання потужності дози гамма-випромінювання середовища (1 м від поверхні) та ґрунтового шару (на глибині 0...1 м), потужності еквівалентної дози; відбір проб та лабораторні гамма-спектрометричні вимірювання, альфа-, бета-радіометрія.

Періодичність: 2 рази на рік – весна (березень – квітень) та осінь (вересень – жовтень).

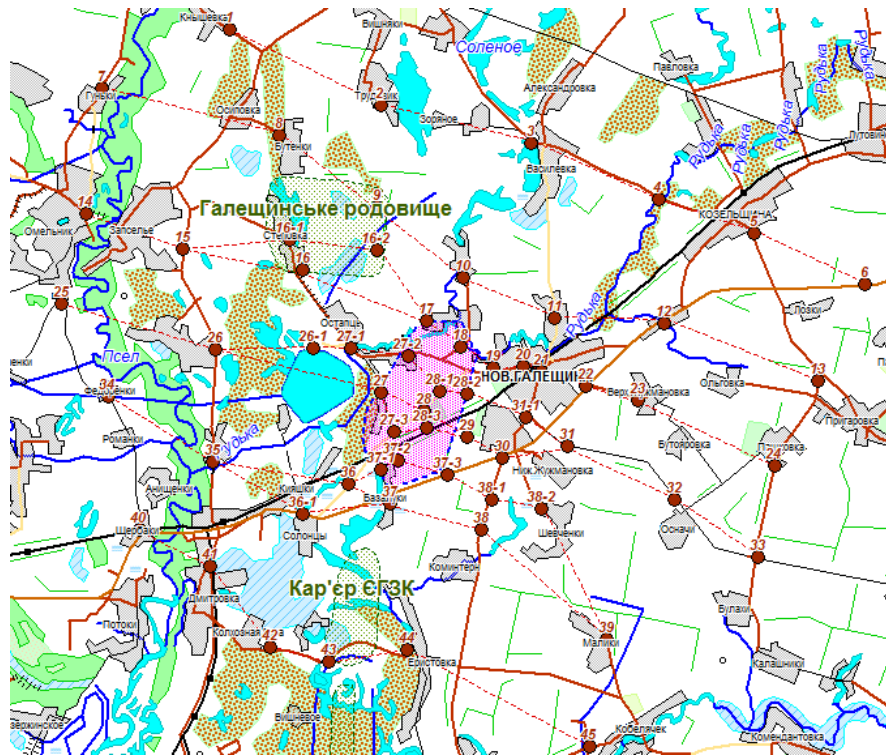


Рис. 4. Схема розташування пунктів опробування поверхні та ґрунту

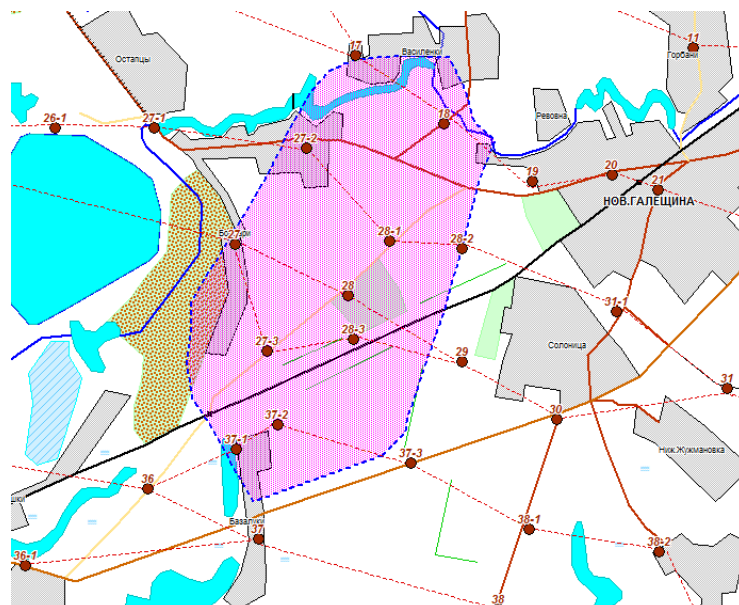


Рис. 4-а. Схема розташування пунктів опробування поверхні та ґрунту (центральна ділянка)

Активність радону в повітрі

Об'єкти: житлові та нежитлові приміщення (11 населених пунктів, кількість пунктів опробування визначатиметься в ході робіт).

Періодичність: разові вимірювання та вимірювання 1 раз на рік у пунктах опробування, де буде зафіксоване перевищення санітарних норм (у разі виявлення).

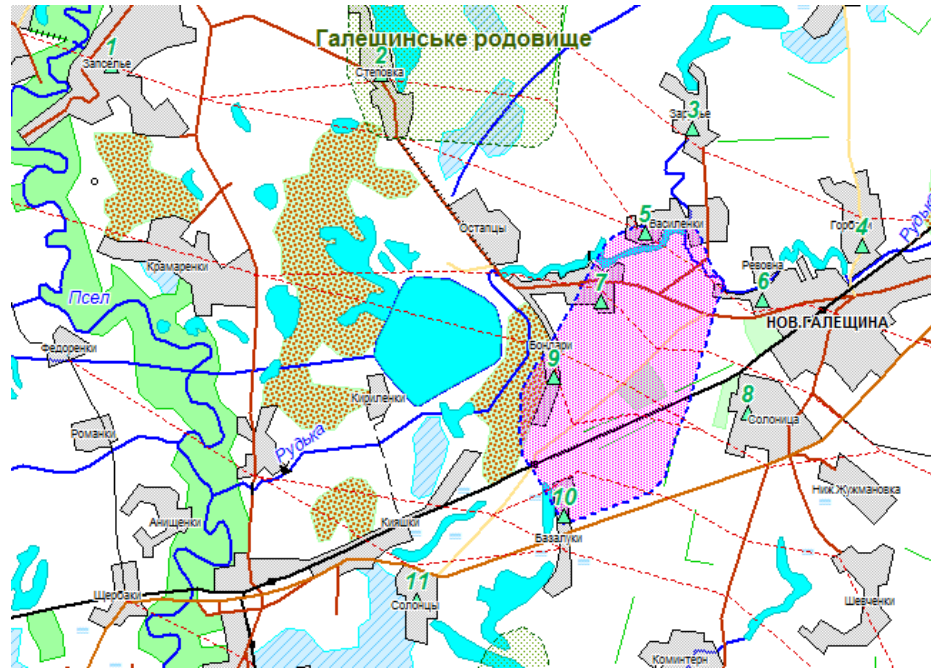


Рис. 5. Схема населених пунктів для вимірювання активності радону-226 у повітрі приміщень

Активність радону у ґрунті

Об'єкти: пункти опробування у межах землевідведення БГЗК, ЄГЗК, Галещинського родовища та с. Нова Галещина (11 пунктів опробування).

Періодичність: 2 рази на рік – весна (березень – квітень) та осінь (вересень – жовтень).

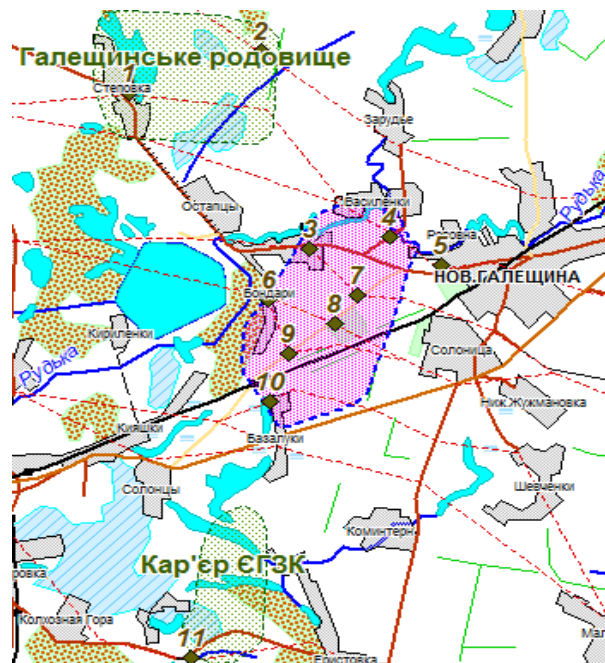


Рис. 6. Схема пунктів опробування активності радону у ґрунті

Щільність потоку радону-226

Об'єкти: пункти опробування згідно схеми рис. 7. (33 пункти).

Періодичність: 1 раз на рік.

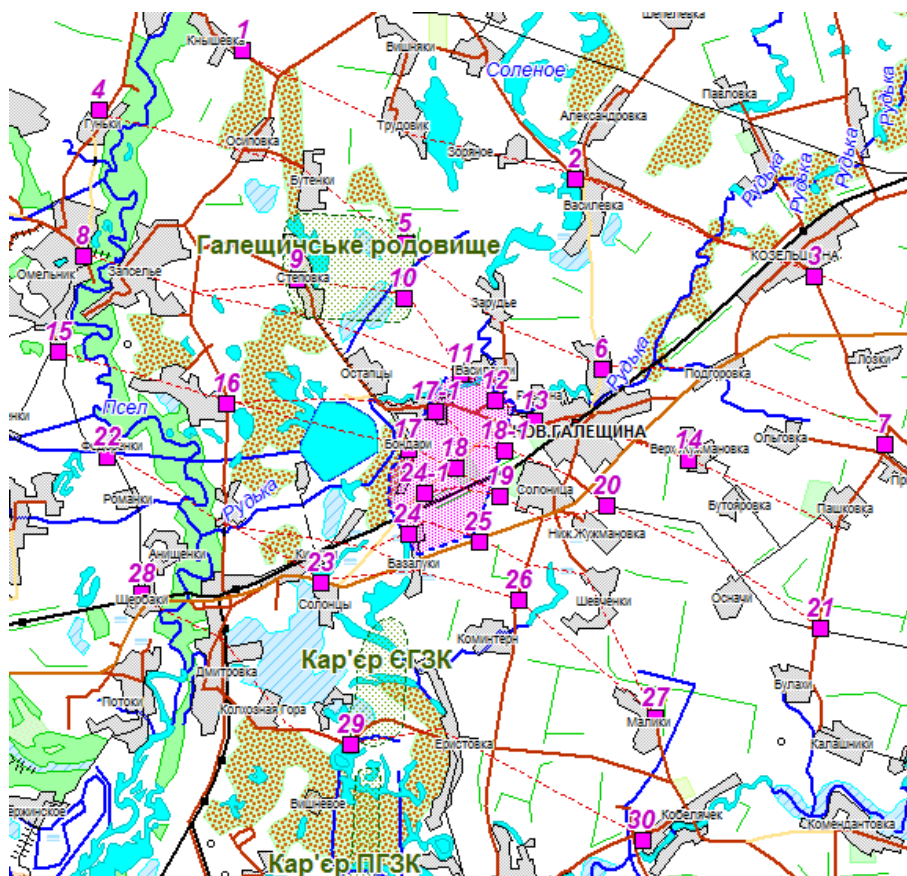


Рис. 7. Схема пунктів опробування щільності потоку радону

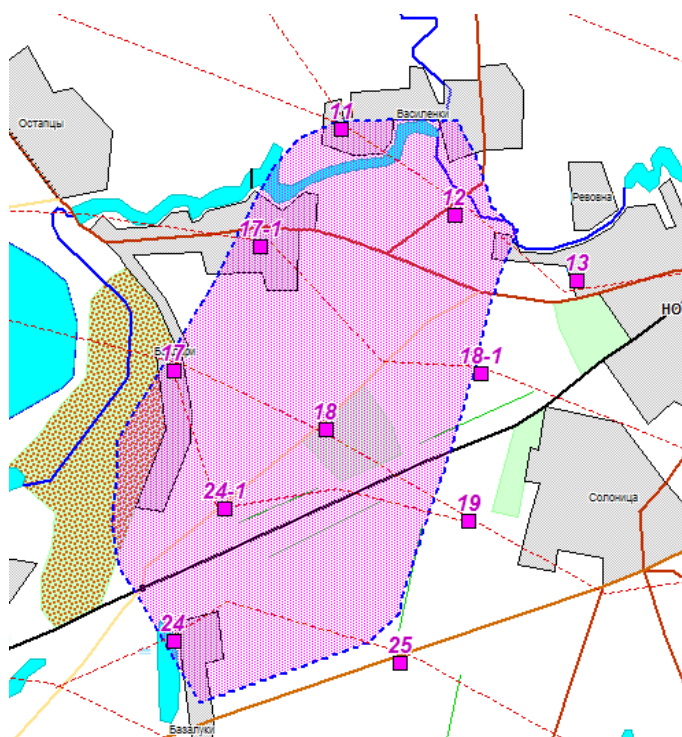


Рис. 7-а. Схема пунктів опробування щільності потоку радону (центральна ділянка)

Висновок: запропонована схема комплексного екологічного моніторингу, яка включає гідрохімічні та радіоекологічні дослідження, дозволяє за 2–3 роки накопичити необхідний масив фактичних даних, що, в сукупності з уже наявними результатами, забезпечить відображення цілісної об'єктивної картини екологічної ситуації на досліджуваній території за найбільш чутливими параметрами і буде використана для проведення ефективного моніторингу основних робіт.

1. Підсумковий звіт «Натурні радіогеоекологічні дослідження та оцінка ризиків, пов'язаних з радіаційною небезпекою при розробці Біланівського залізородного родовища, Полтавська область». – ДУ «ІГНС НАН України». – Київ, 2012. – 225 с.

2. Підсумковий звіт «Гідрогеохімічне обстеження водних об'єктів території Біланівського гірничо-збагачувального комбінату, Полтавська область». – ДУ «ІГНС НАН України». – Київ, 2013. – 75 с.

3. Підсумковий звіт «Вивчення можливого впливу уранової мінералізації Кременчуцького рудопрояву на формування природного радіаційного фону території Біланівського гірничо-збагачувального комбінату». – ДУ «ІГНС НАН України». – Київ, 2013. – 198 с.

4. Інформаційний звіт за I етап робіт «Радіаційний моніторинг території Біланівського родовища залістистих кварцитів, Полтавська область». – ДУ «ІГНС НАН України». – Київ, 2014. – 53 с.

1. Final report "Natural radiogeoeological research and evaluation of risks associated with radiation danger of Bilanovo iron-ore deposit development, Poltava region." - SI "IEG NAS of Ukraine." - Kyiv, 2012. - 225 p.

2. Final Report "Hydrogeochemical survey of Bilanovo mining plant territory, Poltava region." - SI "IEG NAS of Ukraine." - Kyiv, 2013. - 75 p.

3. Final Report "Studies of the possible impact of Kremenchug ore formation uranium mineralization on natural background radiation of Bilanovo mining and processing plant." - SI "IEG NAS of Ukraine." - Kyiv, 2013. - 198 p.

4. Information Report for the first stage of "Radiation monitoring of Bilanovo ferruginous quartzite deposit, Poltava region." - SI "IEG NAS of Ukraine." - Kyiv, 2014. - 53 p.

В.Г. Верховцев, Г.В. Лисиченко, Ю.Є. Тищенко

КОМПЛЕКСНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗОНЫ ПЕРСПЕКТИВНОЙ РАЗРАБОТКИ БЕЛАНОВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Описано систему радиоэкологического мониторинга, который предлагается внедрить до начала активных работ по разработке Белановского железорудного месторождения в Полтавской области. Предложения базируются на результатах научных изысканий проведенных Институтом в течение 2012-14 годов.

V. Verkhovtsev, G. Lysychenko, Yu. Tyshchenko

INTEGRATED ENVIRONMENTAL MONITORING OF PROMISING DEVELOPMENTS ZONE OF BELANOVO IRON ORE DEPOSIT AND ADJACENT AREAS

This article describes the radioecological monitoring system that is offered to be implemented before an active development of Bilanovo iron mining deposit in Poltava oblast. Offers are based on scientific researches that were conducted by the Institute during 2012-14 years.

УДК 504.455.064.3

**Е.В. АЗАРЕНКО¹, Ю.Ю. ГОНЧАРЕНКО¹, М.М. ДИВИЗИНЮК²,
В.Е. КОВАЧ²**

¹ Севастопольский университет ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь

² ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев

ВАРИАНТЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МОРСКИХ ЗАХОРОНЕНИЙ БОЕВЫХ ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

На основе возможных тенденций распространения иприта из негерметичных бочек в местах морских захоронений, критериев построения систем мониторинга предлагаются варианты построения систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ.

Введение

Появление морских захоронений боевых отравляющих веществ в Черном море произошло в годы Великой Отечественной Войны. Было это вызвано тем, что противоборствующие стороны Советский Союз и фашистская Германия не могли использовать боевые отравляющие вещества по многим факторам. Одним из них являлись политические – запрещение применения отравляющих веществ Гаагской конвенцией, технические – отсутствие подземных хранилищ, защищающие химические вещества от воздействия бомб и снарядов, тактические – отсутствие отработанных приемов применения отравляющих веществ и защиты от них и т.д.

Вследствие этих причин было принято решение затапливать бочки с боевыми отравляющими веществами в море. Основным видом химического оружия на тот момент был иприт – отравляющее вещество кожно-нарывного действия. Одним из свойств иприта является то, что при температуре ниже +14 °С он принимает твердое аморфное состояние. Исходя из этого считалось, что находясь на глубине 30–40 м в Черном море он попадает в верхнюю часть холодного промежуточного слоя, где температура в течении всего года составляет 8–12 °С, и будет в твердом состоянии не причиняя вреда ни войскам ни окружающей природной среде [1–2].

Однако события в местах прибрежных захоронений в районе Севастополя (Камышовая бухта), Феодосии (у мыса Чауда), Керченском проливе показало, что эти места не просто опасны для окружающей природной среды, но и для человека. С 1980 года по настоящее время зарегистрированы десятки случаев, когда морское дно было застлано отравленной рыбой, когда отдыхающие жаловались на непонятные ожоги кожи, экзему и другие внезапно появляющиеся кожные заболевания, а в некоторых случаях внезапные «пищевые» отравления [3–6].

Бетонирование этих захоронений в районе Севастополя является временной мерой, так как бетон гигроскопичен и иприт проходит через него со скоростью 5–8 мм/год. Другими словами десятисантиметровое бетонное покрытие через 10–12 лет перестанет сдерживать иприт [7–8].

Постановка цели и задачи научного исследования

Целью данной работы является разработка вариантов построения систем экологического мониторинга в местах морских захоронений боевых отравляющих веществ. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи. Во-первых проанализировать возможные тенденции распространения иприта из негерметичных бочек. Во-вторых определить критерии построения систем экологического

мониторинга. В-третьих предложить варианты построения систем экологического мониторинга.

Возможные тенденции распространения иприта из негерметичных бочек

Ранее было показано, что даже в спокойной воде при отсутствии морских динамических процессов из негерметичных бочек происходит вымывание иприта, находящегося в твердом аморфном состоянии. В реальной морской среде всегда присутствуют динамические процессы (постоянные и временные (ветровые) течения, волнение и т. д.), что способствует увеличению интенсивности вымывания иприта. Поэтому, процесс вымывания первоначально рассмотрим, для районов, где постоянные течения не доминируют (условно отсутствуют), а затем для районов, где постоянные течения существуют в течение всего года.

Районы без постоянных течений. К ним можно отнести рейд Севастополя, подходы к Одессе, подходы к Евпатории. В этих районах имеются различные захоронения боевых отравляющих веществ, главным образом иприта. Глубина в районах захоронения более 30 м. Вследствие вихревого перемещения морских вод в районах, где условно отсутствуют течения, иприт равномерно будет распространяться по всем направлениям. Это обусловлено макропроцессами, главным из которых является вращение Земли вокруг своей оси. Вследствие этого на все водные массы воздействует сила Кориолиса, которая заставляет любой вихревой поток в северном полушарии отклоняться против часовой стрелки, а в южном – по часовой. Детально эти исследования (по отклонению вихрей) были выполнены в Морском гидрофизическом институте НАН Украины и изложены в монографии В.А. Иванова «Трассеры в океане». Пример движения трассера в спокойной воде в районе без постоянных течений приведен на рисунке 1а. Основываясь на этом можно утверждать, что если скорость миграции частичек мелкодисперсионного иприта равна V , то за время t из негерметичной бочки он равномерно может находиться в круге радиусом $R=V \cdot t$ (рис. 1б). Подобным образом события будут развиваться в случае спокойной погоды.

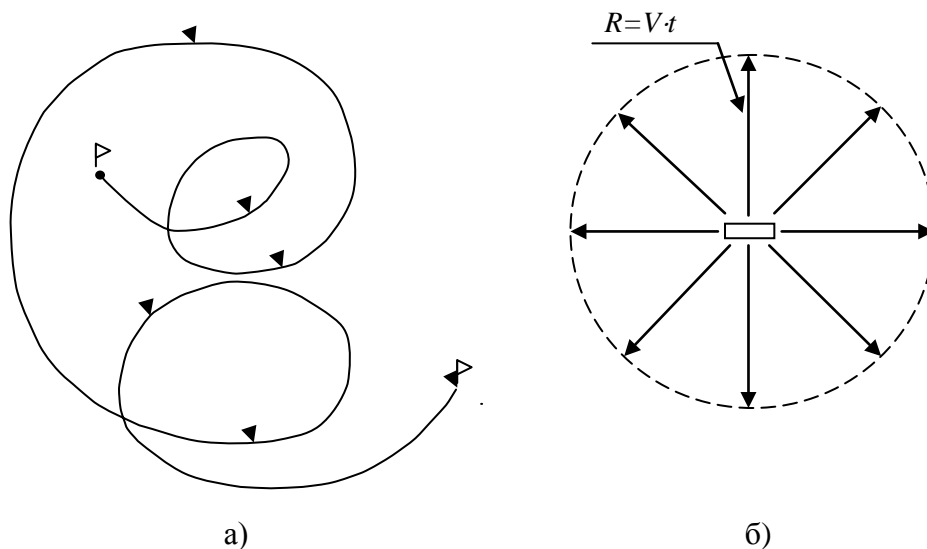


Рис. 1. Схемы движения в районе без постоянных течений

а) движение трассера (по В.А. Иванову) б) вероятное движение иприта на глубине

В случае движения водной поверхности, в соответствии с трохоиальной теорией формирования волн и волновых процессов вся водная масса приходит в движение, при этом частицы воды совершают движение по окружности. Радиус этих окружностей определяется силой ветра, временем его действия и глубиной моря. Чем выше сила ветра, чем он продолжительней, тем больше радиус этих окружностей для глубоководных

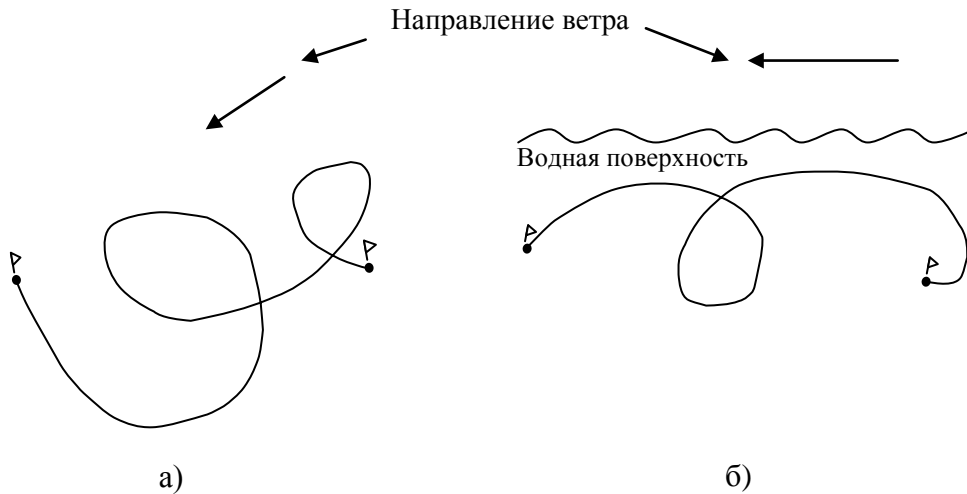


Рис. 3. Схема перемещения трассера
а) в горизонтальной плоскости

б) в вертикальной плоскости

Используя метод аналогий можно предполагать, что мелкодисперсионные частички вымытого иприта будут распространяться в водной среде аналогично движению трассеров. Отметим, что направление ветра измеряется с точностью до 10° . Кроме этого на горизонтальные перемещения в водной среде действует сила Кориолиса, которая зависит от широты места и приводит к отклонению против часовой стрелки на угол $13\text{--}18^\circ$ для акватории Черного моря. Другими словами равновероятный сектор направления перемещения мелкодисперсионного иприта из негерметичных бочек может быть определен как сектор $\pm 40\text{--}45^\circ$ от генерального направления ветра (рис. 4).

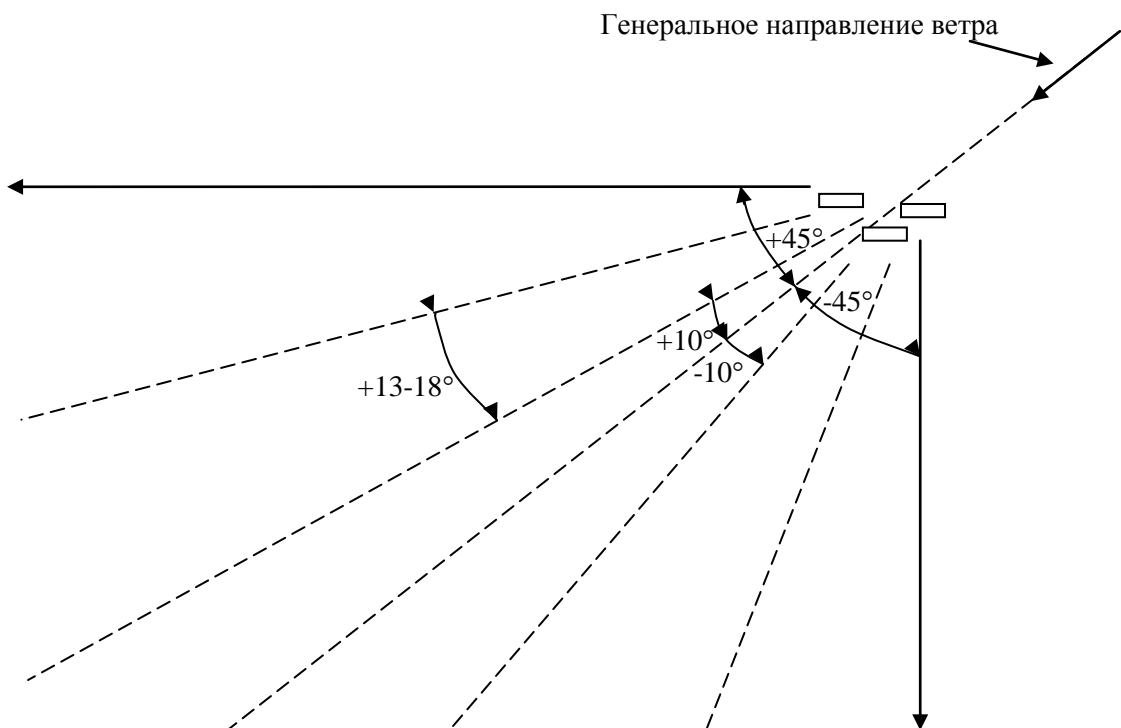


Рис. 4. Сектор вероятного распространения иприта в районах без постоянных течений

Подтверждением подобных суждений могут служить события произошедшие зимой 2003 года на рейде Севастополя (рис. 5) из разгерметизированной бочки иприт попал в

водную среду. Действующий ветер северо-восточного направления привел к его распространению в юго-западном направлении в секторе около 90° от генерального направления ветра. Обнаруженная мертвая рыба у берега вызвала недоумение, а последующее обследование показало, что на морском дне на глубине 20–40 метров лежит еще три косяка рыб – черноморского шпрота.

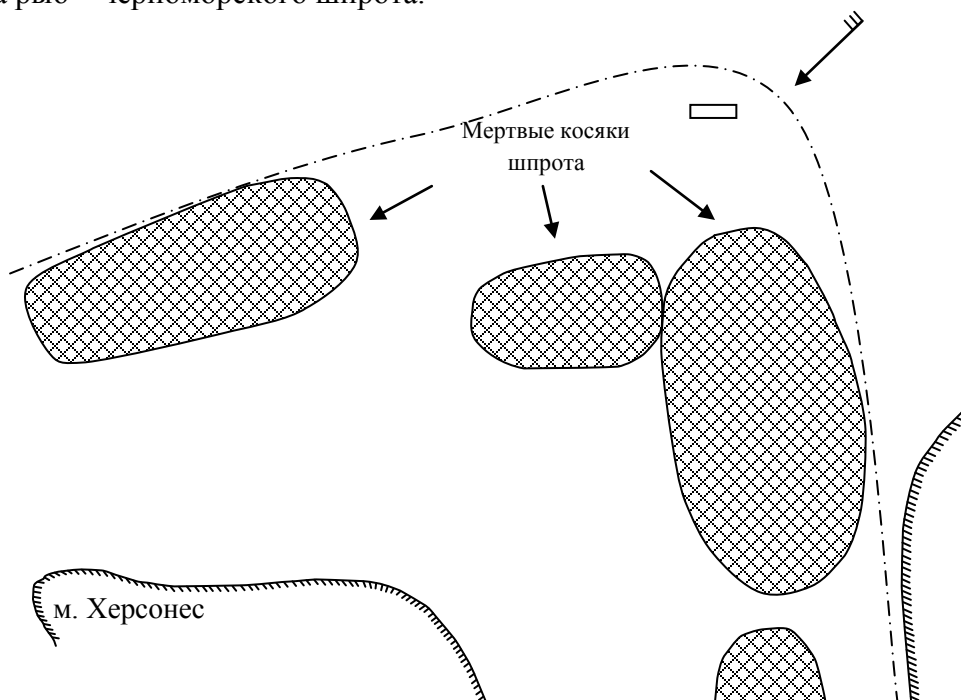


Рис. 5. Схема границ фактического распространения иприта

Районы, где действуют постоянные течения. К ним относятся Керченский пролив, районы на подходе к Феодосии, в районе Южного берега Крыма, где также имеются захоронения боевых отравляющих веществ, главным образом иприта. Здесь так же будем использовать метод аналогии, а в основу будет положено перемещение трассеров, исследованных Морским гидрофизическим институтом НАН Украины. На перемещение трассера оказывают влияние два фактора – постоянное течение и дрейф от ветра, как показано на рисунке 6. В первом случае генеральное перемещение трассера в основном совпадает с вектором постоянного течения, а вторым – является взаимодействием двух сил: ветрового дрейфа и течения. Нетрудно предположить, что в придонных слоях, где главным образом и распространяется мелкодисперсионный иприт, перемещение приповерхностных водных масс приводит в движение и нижележащие водные слои. Действующая теория Экмана говорит, чем ниже будут эти слои, тем больше отклонение вправо будет происходить. На дне мелководных районов, каким является Керченский пролив (10–20 м) и подходы к Феодосии (20–30 м) генеральное направление перемещения придонных водных масс совпадает с их перемещением по поверхности. Другими словами направление перемещения мелкодисперсионного иприта из негерметичных бочек будет определяться результирующим вектором взаимодействия постоянного течения и ветрового дрейфа.

Необходимо отметить, что при воздействии сильного ветра дрейф от него может превосходить действие поверхностного постоянного течения и тогда движение трассера может происходить в обратном направлении (рис. 7). Другими словами даже в районах, где действуют постоянные течения возможно распространение иприта в направлении противоположенном направлению течения.

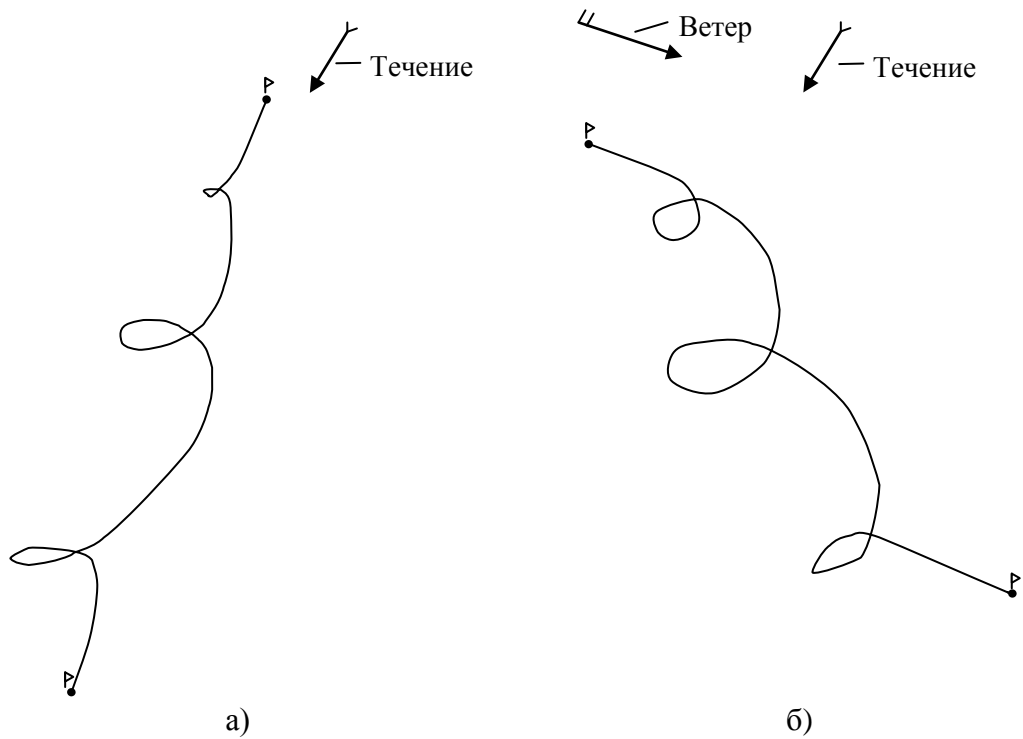


Рис. 6. Схема движения трассера в районе с постоянными течениями
а) в безветренную погоду б) при действии ветра

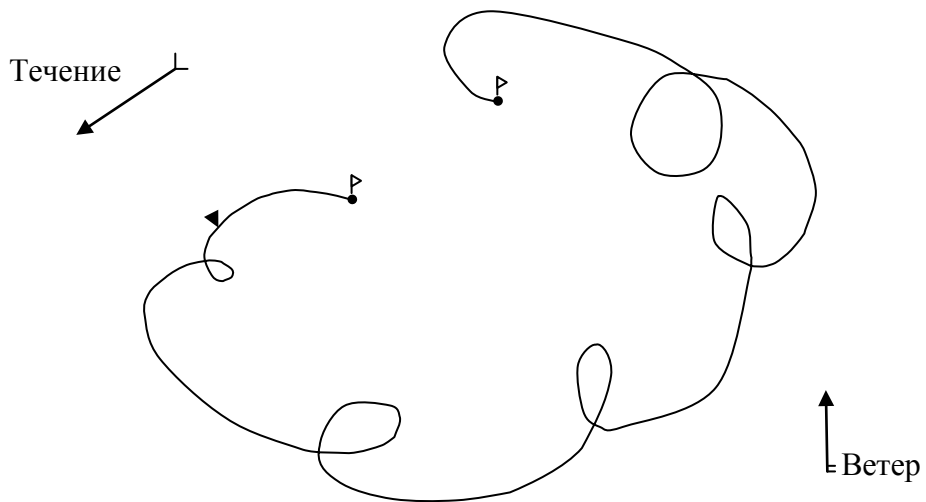


Рис. 7. Схема движения трассера при противоположном действии течения и ветра

Эта ситуация еще больше обостряется, когда к этим обстоятельствам добавляется ветровое волнение водной поверхности. На рисунке 8 представлено движение трассера, по Иванову, с нулевой плавучестью в районе, где действовало постоянное течение и с длительным воздействием ветра, было вызвано поверхностное ветровое течение, противоположное по направлению основному течению. Как видно на схеме, трассер погружался и перемещался в направлении действия постоянного течения, а когда всплывал, перемещался в обратном направлении под действием возникшего временного ветрового приповерхностного течения.

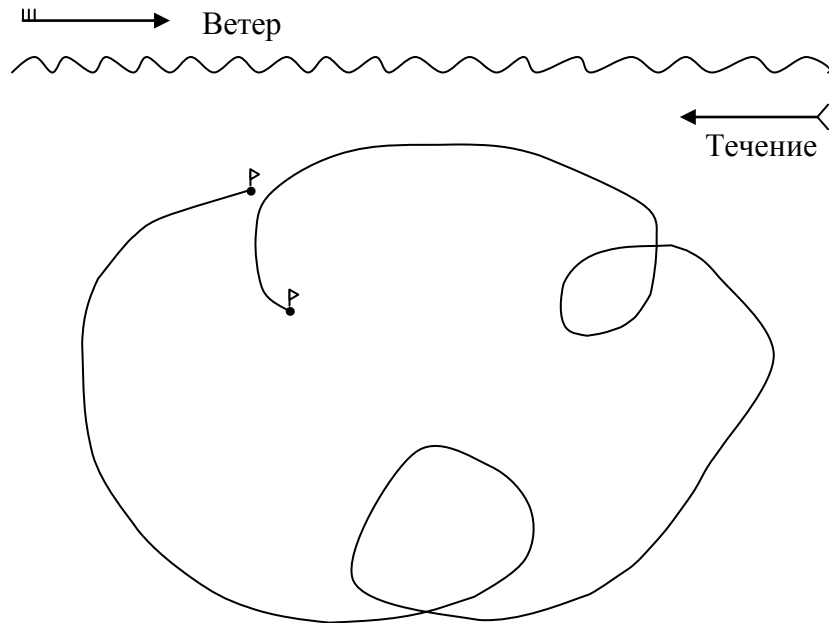


Рис. 8. Схема движения трассера с нулевой плавучестью

Исходя из того, что направление постоянных течений определяется с точностью до 10° , а их флуктуация достигает такой же величины, то сектор вероятного распространения иприта в районах где действуют постоянные течения может быть определен, как $\pm 20^\circ$ от направления действия постоянного течения в этом районе. При действии ветра в этом районе в течение продолжительного времени на поверхности и в придонных слоях возникают временные течения, которые будут изменять направление перемещения мелкодисперсионного иприта. Исходя из розы ветров или другой гипотезы, например, что ветер может длительно воздействовать в различных направлениях для конкретного района (с конкретной глубиной) можно рассчитать направление и скорость придонного течения V_g . Тогда перемещение иприта будет определяться, как результат сложение векторов V_g и V_t – постоянного течения. Промежуток времени t определит расстояние L , на которое иприт может быть перенесен. Построение подобной геометрической картины, как показано на рисунке 9, определит зону вероятного поражения ипритом.

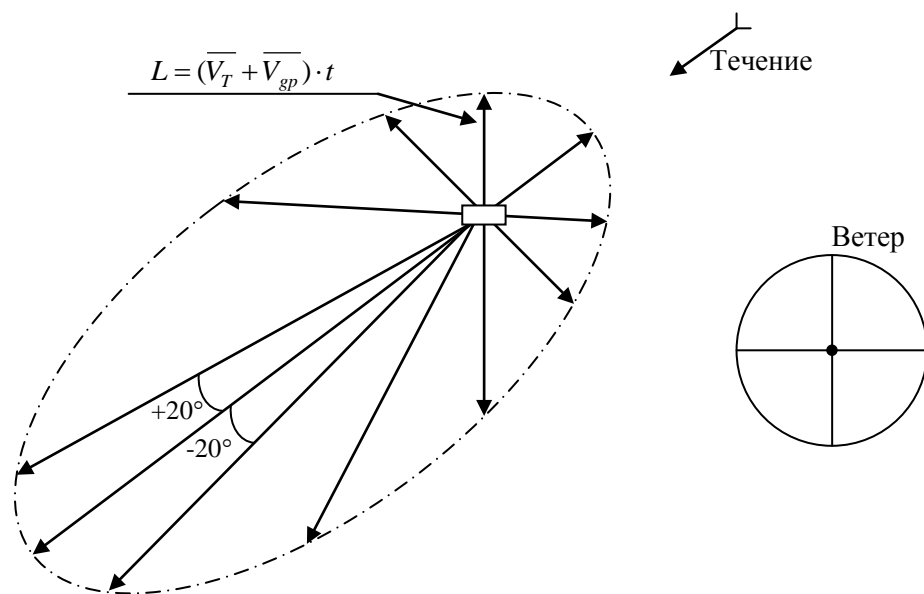


Рис. 9. Схема зоны вероятного поражения ипритом в районе, где действует постоянное течение

События 1998 года произошедшие в Керченском проливе зимой подтверждают это. Шторм, вызванный южным ветром и интенсивное волнение, скорее всего, привело к обнажению заиленной разгерметизированной бочки с ипритом, которая располагалась примерно в 3,5 милях (7,1 км) к востоку от первой пары буёв. Через неделю, после того как шторм стих, погода успокоилась на мелководье была обнаружена полоса мертвой хамсы шириной от 2 до 10 м протяженностью около 12 км. Последующим водолазным обследованием была обнаружена пустая прокоррозившая двухсот литровая металлическая бочка. Но шлейф от нее из мертвой хамсы тянулся не только в сторону Черного моря, но и примерно на полкилометра в сторону Азовского моря, то есть в направлении противоположенном действию постоянного течения.

Таким образом, направления распространения мелкодисперсионного иприта из негерметичных бочек возможны в любом направлении относительно морского захоронения. Зона вероятного поражения ипритом определяется путем расчетов с учетом действия постоянных и временных ветровых течений, определяемых направлением, силой и временем воздействия ветра.

Критерии построения систем экологического мониторинга

Главными, для построения систем экологического мониторинга, являются следующие критерии. Первый – надежность обнаружения антропогенной примеси. Второй – количество определяемых параметров антропогенной примеси такие, как ее состав, концентрация и др. Третий критерий – это живучесть системы, способность ее функционирования определенное время при различных условиях внешней обстановки. Четвертый – управляемость системы, пятый – универсальность ее элементной базы и шестой – стоимостной. Рассмотрим эти критерии применительно для системы экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ.

Надежность обнаружения. Этот критерий определяется следующими парами событий. Первое событие состоит в том, что система срабатывает, сигнализируя, что в воде находится мелкодисперсионный иприт, и он действительно присутствует в водной среде. Это событие достоверного обнаружения и численно характеризуется вероятностью правильного обнаружения p_o . Второе событие состоит в том, что система срабатывает, сигнализируя о наличии иприта, а его в действительности в водной среде нет. Это событие ложного срабатывания и численно характеризуется вероятностью ложной тревоги $p_{лт}$. Третье событие состоит в том, что иприт действительно находится в водной среде, но система мониторинга не срабатывает, пропускает это антропогенное загрязнение. Это событие пропуска и численно характеризуется вероятностью пропуска $p_{пр}$. Все эти пары событий взаимодействуют между собой и определяются математическими критериями обнаружения (такими, как Неймона-Пирсона, оптимального обнаружения и др.) и техническими, в том числе и аппаратно-программными средствами их реализующими. Главная задача всех систем обнаружения – это максимизировать вероятность правильного обнаружения p_o , минимизировать вероятность ложной тревоги $p_{лт}$ и полностью исключить события пропуска. Ключевым вопросом здесь становится определение порога чувствительности, то есть такой концентрации иприта в водной среде, которую система надежно обнаружит и идентифицирует, как боевое отравляющее вещество, с другой, чтобы величина этой концентрации была настолько мала, что не могла причинить вред человеку и окружающей природной среде. Это пожалуй очень важный критерий, который необходимо применять к системам экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ.

Количество определяемых параметров. Как правило это концентрация и состав антропогенной примеси. Для системы мониторинга водной среды актуальным остается определение параметров перемещения (миграции) антропогенной примеси. Это генеральное направление перемещения и скорость (диапазон скоростей) перемещения. Зная эти параметры можно уверенно прогнозировать процесс распространения

антропогенного фактора в водной среде и планировать природозащитные и другие мероприятия. Необходимо отметить, что установив порог обнаружения для системы мониторинга захоронений боевых отравляющих веществ, доминирующим событием является факт своевременного обнаружения нахождения иприта в водной среде. Параметры, такие как, его концентрация и направление распространения, являются нужными, но не решающими.

Живучесть системы. Этот критерий определяется способностью системы функционировать в агрессивной среде – морской воде, противостоять термическим и динамическим воздействиям. Эта способность определяется антикоррозийными свойствами материалов из которых она состоит, включая якорные и буйковые устройства, фертоинговые соединения и надежность герметичности приборных отсеков. Термические колебания определяются всем диапазоном температур воды (для подводной части) от 0° до +28 °С (с резервом до 36 °С), а для надводной части диапазоном температур приводного слоя от -20 °С до +45 °С (резерв -25°, +50 °С). Штормовые явления в Черном море определяются силой ветра, наибольшие значения которого достигают 30 м/с (более 100 км/ч) при этом высота поверхностных волн может достигать 4–6 м (6–7 баллов). Наибольшая скорость течений в Черном море не превышает 1,5–2 узлов (0,75–1 м/с). В тоже время гидрологами зафиксированы случаи в отдельных районах моря (м. Сарыч, устье бухты Голубой и др.), когда направления постоянного течения и действия ветра совпадают, тогда скорость поверхностных течений достигала 3–4 узлов (1,5–2 м/с). Поэтому система должна выдерживать подобные гидрометеорологические нагрузки.

Кроме этого живучесть системы определяется наличием дублированного электропитания, а в случае автономного электропитания – емкостью батарей, которые обеспечивают время работы системы в автономном режиме. Идеальная система имеет и сетевое питание (по кабелю) и автономное (от аккумуляторных батарей).

Так же живучесть системы определяется ее способностью передавать регистрируемую информацию, а так же управляться (переключаться с режима на режим) по командам с пульта управления. Отметим так же, что идеальной системой является та, которая имеет несколько каналов связи и управления. Они могут быть проводными (по кабелю), радиоканалами (в том числе FM, УКВ, СВ), гидроакустическим каналом. Исходя из выше изложенного критерий живучести является одним из доминирующих критериев для систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ, который численно может определяться, как вероятность безотказной работы при заданных условиях.

Универсальность – это свойство системы которое можно использовать, е только по прямому назначению, но и для решения других, второстепенных задач.

Принцип, который заложен в систему мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ является универсальным, то есть позволяет обнаруживать не только иприт, но и другие антропогенные примеси в водной среде. Необходимо так же отметить, что мелкодисперсионный иприт, в отличие от эмульгированных нефтяных загрязнений занимает значительно меньший объем. Поэтому в случае, когда объемное эмульгированное нефтяное загрязнение подойдет к системе мониторинга, а затем покроет ее, то последовательно сработают все датчики – элементы системы разнесены в пространстве, чего при распространении мелкодисперсионного иприта в принципе произойти не может (одна бочка – 200 л, а нефтяное загрязнение это, как правило, десятки тонн – десятки кубических метров). Учитывая, что основным назначением системы является обнаружение в водной среде боевых отравляющих веществ, универсальность является нужным критерием, но не решающим.

Универсальность элементной базы, то есть все те детали из которых построена система мониторинга. Если все или большинство элементов, устройств, деталей и т.д. используются в других системах, которые находятся в эксплуатации и выпускаются отечественной промышленностью, то системе обеспечена с одной стороны высокая

ремонтпригодность, с другой – относительно низкая стоимость. Безусловно это очень важное качество, но оно реализуется, главным образом, во время выполнения конструкторских работ. На этапе разработки вариантов построения систем мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ, этот критерий является нужным, но не доминирующим.

Стоимостной критерий, как показывает практика в наше время является решающим. Если создатели не укладываются в определенную им сумму, то проект закрывают или ищут другое, более дешевое решение. Здесь необходимо заметить, что в общем случае систему мониторинга, как и другие системы обнаружения описывают эмпирической зависимостью вероятности правильного обнаружения от стоимости системы, как показано на рисунке 10. Здесь четко прослеживается, что первоначальная вероятность обнаружения в зависимости от стоимости системы растет практически линейно, то есть, чем дороже система, тем выше (на столько же) вероятность обнаружения. Однако наступает предел, который называют критической стоимостью – $C_{кр}$, после чего удвоение, утроение и т.д. стоимости системы не приводит к ожидаемому результату. Тогда определяют порог обнаружения и смотрят, соответствует ли он критической стоимости. В связи с вышеизложенным, на этапе разработки вариантов построения систем мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ, не будем учитывать стоимостной критерий.

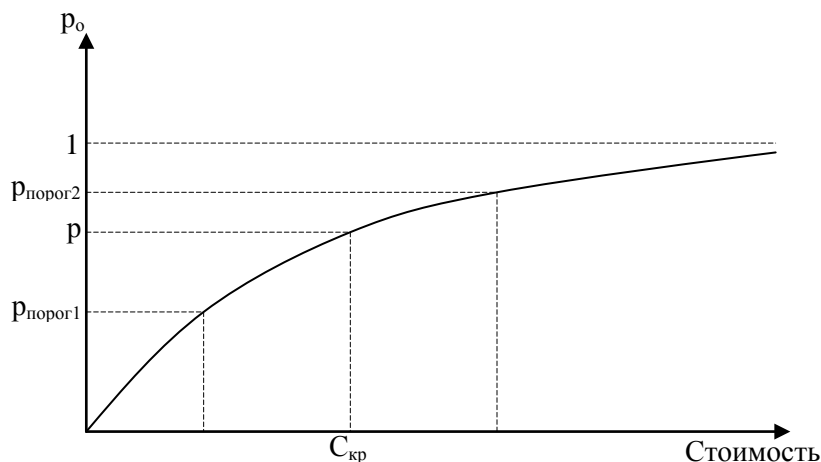


Рис. 10. Зависимость вероятности обнаружения от стоимости системы

Таким образом, для разработки вариантов построения систем мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ главными критериями являются надежность обнаружения мелкодисперсионного иприта и живучесть системы.

Варианты построения систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ

Исходя из возможных тенденций распространения иприта из негерметичных бочек, критериев построения систем экологического мониторинга, а так же особенностей морских захоронений боевых отравляющих веществ наиболее перспективными являются следующие варианты построения систем. Кроме этого, заметим, что под измерительным элементом системы мониторинга, как было отмечено ранее, будем подразумевать систему, в которую входят якорное устройство с гнездами для подключения связных и электрокабелей. Якорное устройство соединено с кабельтросом, к которому крепится приборный отсек с измерительной платформой, которая, в свою очередь, соединена с бумом (легкостью-плавучестью), где размещается радиоприемное и радиопередающее устройство. При необходимости на измерительной платформе может быть микропьезоэлектрическая антенна для обеспечения гидроакустической связи.

Первый вариант системы, когда обнаружена одна или несколько бочек иприта в непосредственной близости друг от друга (2–10 м). Тогда устанавливается один или два измерительных элемента, связанных кабелем друг с другом. Два элемента выставляются, когда несколько бочек, причем их ориентация (линия соединяющая измерительные элементы) должна быть параллельна вектору постоянного течения, как показано на рисунке 11. Такой вариант называется одиночным (точечным) или линейным.

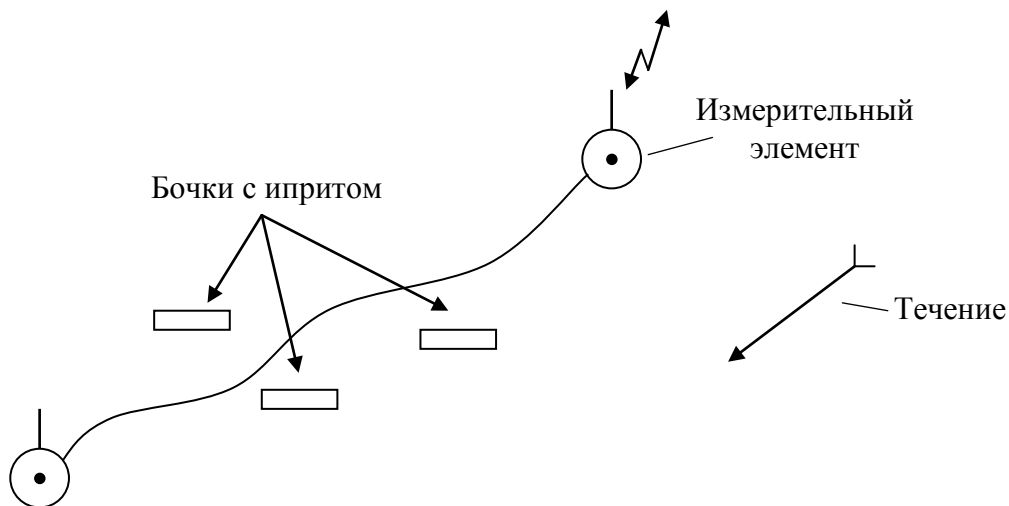


Рис. 11. Первый вариант построения системы

Второй вариант системы, когда обнаружено компактное захоронение, например баржа с бочками иприта. Здесь целесообразно строить крестообразную систему, как показано на рисунке 12. Один из элементов располагается в центре непосредственно у баржи, а четыре других по носу и корме, с правого и левого бортов. Элементы соединены между собой, и если позволяют условия, ближайший к берегу измерительный элемент соединяется кабелем с берегом. Этот же элемент может иметь радиоканал. При необходимости и два измерительных элемента могут иметь радиоканал, но в этом случае второй плавучий радиобуй будет на поверхности, чем может создать трудности навигационного и другого характера.

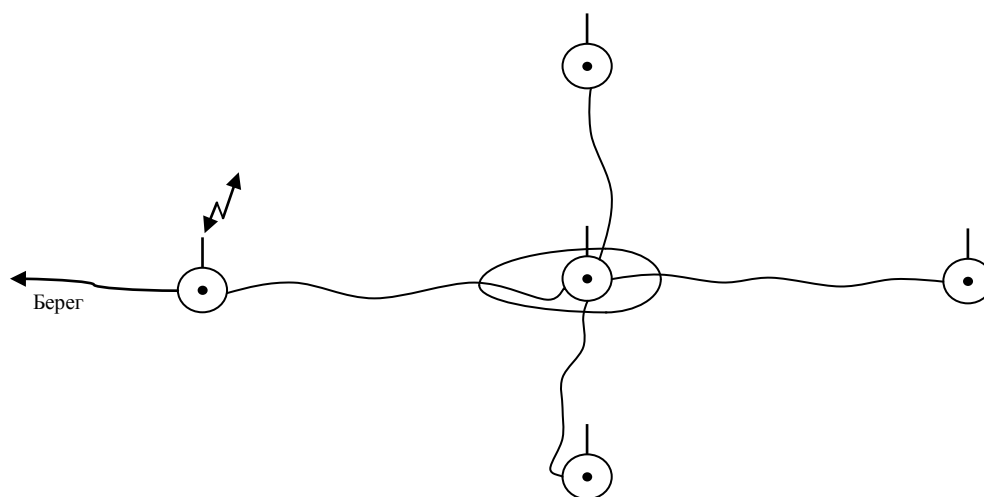


Рис. 12. Второй вариант построения системы

Третий вариант системы, круговой или опоясывающий, когда большое количество бочек (как правило, 10 и более) находятся на достаточно большом удалении друг от друга от 20 до 50 м и более (рис. 13). Измерительные элементы устанавливаются вокруг

захоронения, опоясывая его. Здесь возможно линейное подключение элементов (штриховая линия) или крестообразное. Во втором случае живучесть системы повышается. Ближайший к берегу элемент, может соединяется кабелем, который идет на береговой пост управления. Резервный канал связи (радиосвязи) может быть на одном или двух измерительных элементах.

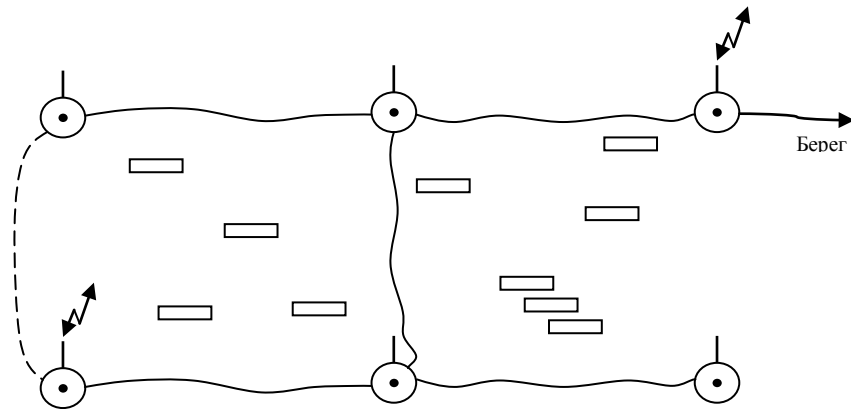


Рис. 13. Третий вариант построения системы

Четвертый вариант системы – веерный. Он предлагается к установке, где доминируют постоянные течения, например захоронений боевых отравляющих веществ у Южного берега Крыма, как показано на рисунке 14. Подобные построения перекрывают сектор наиболее вероятного распространения мелкодисперсионного иприта в случае его вымывания из разгерметизировавшихся бочек. Один или два измерительных элемента могут иметь радиоканалы, а ближайший к берегу элемент соединен кабелем с береговым постом.

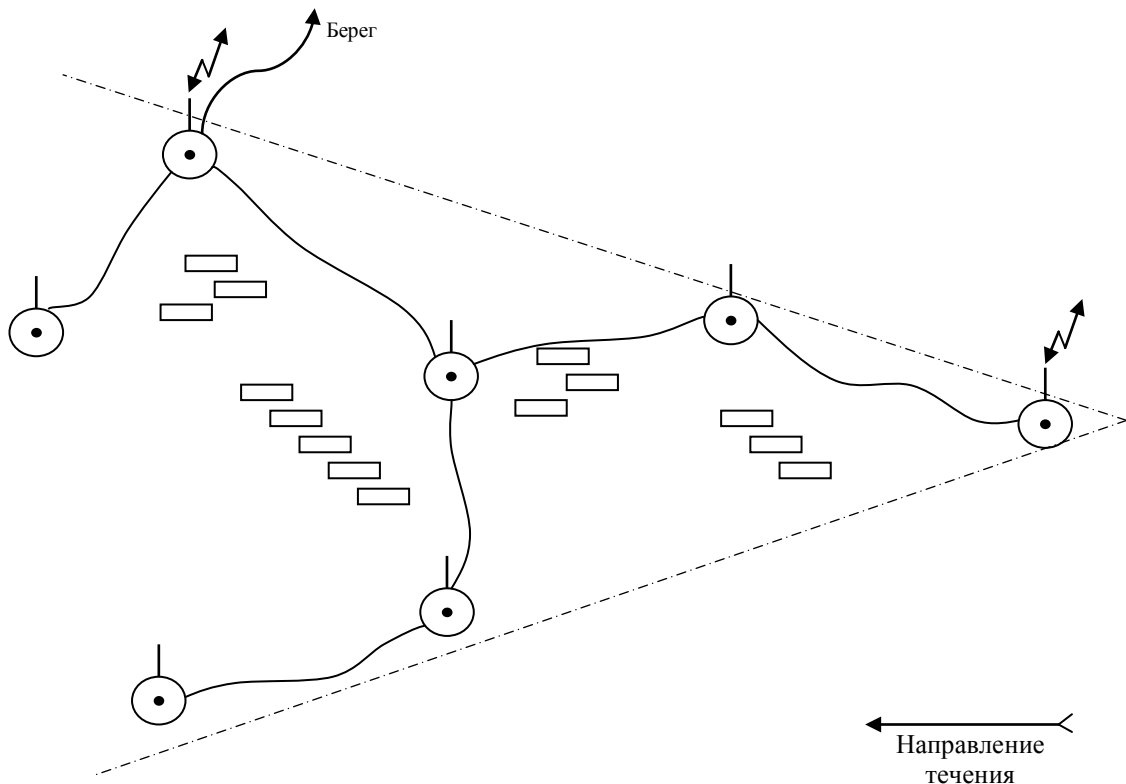


Рис. 14. Четвертый вариант построения системы

Таким образом, наиболее перспективными с точки зрения возможных путей распространения мелкодисперсионного иприта из негерметичных бочек, критериев

построения систем экологического мониторинга, и особенностей морских захоронений боевых отравляющих веществ являются следующие варианты построения систем. Первый – точечный или линейный для одиночных бочек, второй – крестообразный для компактных захоронений, третий – опоясывающий (круговой) для разбросанных (расредоточенных) захоронений, четвертый – веерный для районов, где доминируют сильные постоянные течения.

Выводы

Направление распространения мелкодисперсионного иприта из негерметичных бочек возможно в любом направлении относительно морского захоронения. Зона вероятного поражения ипритом определяется путем расчетов с учетом действия постоянных и временных ветровых течений, определяемых направлением, силой и временем воздействия ветра.

Для разработки вариантов построения систем мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ главными критериями являются надежность обнаружения мелкодисперсионного иприта и живучесть системы.

Наиболее перспективные с точки зрения возможных путей распространения мелкодисперсионного иприта из негерметичных бочек, критериев построения систем экологического мониторинга, и особенностей морских захоронений боевых отравляющих веществ являются следующие варианты построения систем. Первый – точечный или линейный для одиночных бочек, второй – крестообразный для компактных захоронений, третий – опоясывающий (круговой) для разбросанных (расредоточенных) захоронений, четвертый – веерный для районов, где доминируют сильные постоянные течения.

1. Азаренко Е.В. Факторы, определяющие экологическую обстановку в районе свала морских глубин северо-западной части Черного моря / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, С.А.Чернявская // Збірник наукових праць СКУЯЄтаП. – Севастополь: СКУЯЄтаП, 2013. – Вип. 4 (48). – С. 63 – 68.

2. Гончаренко Ю.Ю. Закономерности трансформации иприта в эмульгированное состояние / Гончаренко Ю.Ю. // Сборник науч. Тр. МГИ НАН Украины «Системы контроля окружающей среды» – Севастополь: МГИ, 2012. – Вып. 18. – С. 25 – 29.

3. Гончаренко Ю.Ю. Математическая модель диффузии антропогенной примеси / Гончаренко Ю.Ю. // Наукове видання Інституту геохімії навколишнього середовища НАНУ «Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист». – Кременчук: Вид-во «Християнська Зоря», 2012. – Вип. 5. – С. 95 – 97.

4. Азаренко Е.В. Обобщенная модель переноса антропогенной примеси /Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк // Збірник наукових праць «Системи обробки інформації». – Харків: ХУПС ім. Кожедуба, 2012. – Вип 3(101). – Т. 2. – С. 236 – 240.

5. Азаренко Е.В. Модели переноса антропогенной примеси вихревым потоком /Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк // Збірник наукових праць СКУЯЄтаП. – Севастополь: СКУЯЄтаП, 2012. – Вип. 2 (42). – С. 78 – 83.

6. Гончаренко Ю.Ю. Математическая модель турбулентной водной среды / Гончаренко Ю.Ю. // Збірник наукових праць СКУЯЄтаП. – Севастополь: СКУЯЄтаП, 2012. – Вип. 2 (42). – С. 227 – 230.

7. Азаренко Е.В. Акустический способ и устройство обнаружения антропогенных примесей в водной среде / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк // Науково-практичний журнал «Сучасна спеціальна техніка». – Київ: Державний науково-дослідний інститут МВС України, 2011. – № 4(27). – С. 87 – 92.

8. Азаренко Е.В. Акустический обнаружитель загрязнений в водной среде /Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, О.В. Матузаева и др. // 36. наук. пр. СКУЯЕтаП. – Севастополь: СКУЯЭиП, 2011. – Вып 3(39). – С. 49 – 54.

1. Azarenko E.V. The factors that determine the environmental situation in the area of the deep sea stall the northwestern part of the Black Sea / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Goncharenko, S.A.Cherniavskaia // Collection of scientific papers if SNUNEP. - Sevastopol: SNUNEP, 2013. - Issue. 4 (48). - p. 63 - 68.

2. Goncharenko Yu.Yu. Laws of transformation of mustard gas into the emulsified state / Yu.Yu. Goncharenko // Collection of scientific works MHI NASU "Environmental Management Systems" - Sevastopol: MHI, 2012. - Vol. 18 - p. 25 - 29.

3. Goncharenko Yu.Yu. A mathematical model of diffusion of anthropogenic contaminants / Goncharenko Yu.Yu. // Institute of Environmental Geochemistry NASU "Technogenic-ecological safety and civil protection." - Kremenchuk: publ. "Khrystyianska Zoria", 2012. – Issue. 5. - p. 95 - 97.

4. Azarenko E.V. Generalized model of anthropogenic contaminants transport /E.V. Azarenko, Yu.Yu. Goncharenko, M.M. Diviziniuk // Collection of Scientific Papers "Systems of data processing" - Kharkiv: KhUPS named after Ivan Kozhedub, 2012. - Issue 3 (101). - V. 2. - P. 236 - 240.

5. Azarenko E.V. Models of anthropogenic contaminants transfer in vortex flow /E.V. Azarenko, Yu.Yu. Goncharenko, M.M. Diviziniuk // Collection of scientific papers of SNUNEP. - Sevastopol: SNUNEP, 2012. - Issue 2 (42). - S. 78 - 83.

6. Yu.Yu. Goncharenko. Mathematical models of turbulent water environment / Goncharenko Yu.Yu // Collection of scientific papers of SNUNEP. - Sevastopol: SNUNEP, 2012. - Issue 2 (42). - S. 227 - 230.

7. Azarenko E.V. Acoustic detection method and apparatus of anthropogenic contaminants in the aquatic environment / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Goncharenko, M.M. Diviziniuk Scientific – practical magazine "Modern special machinery." – Kyiv: State scientific - research Institute of Internal Affairs of Ukraine, 2011. - № 4 (27). - p. 87 - 92.

8. Azarenko E.V. The acoustic detector for contamination in the aquatic environment /E.V. Azarenko, Yu.Yu. Goncharenko O.V. Mатузаева and others // Collection of scientific papers if SNUNEP. - Sevastopol: SNUNEP, 2011. - Issue 3 (39). - p. 49 - 54.

Є.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дівізінюк, В.О. Ковач

ВАРІАНТИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ МОРСЬКИХ ЗАХОРОНЕНЬ БОЙОВИХ ОТРУЙНИХ РЕЧОВИН

На основі можливих тенденцій поширення іприту з негерметичних бочок в місцях морських поховань, критеріїв побудови систем моніторингу пропонуються варіанти побудови систем екологічного моніторингу морських захоронень бойових отруйних речовин.

E. Azarenko, Yu. Goncharenko, M. Diviziniuk, V. Kovach

VARIANTS OF ECOLOGICAL MONITORING SYSTEMS CONSTRUCTION OF SEA BURIALS OF CHEMICAL WARFARE AGENTS

On the basis of possible trends in the proliferation of leaky barrels of mustard gas in the field of marine graves, the criteria of monitoring systems construction and are offered options for environmental monitoring systems constructions of sea burials of chemical warfare agents.

УДК 504:625.7

Н.А. БОРОДІНА

ДУ „Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”, м. Київ

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ПРИ РІЗНИХ РЕЖИМАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ

Представлена оцінка впливу на атмосферне повітря транспортних засобів, яка ґрунтується на порівнянні чотирьох основних режимів експлуатації дороги: перший режим – «Час пік. Пробка»; другий режим – «Час пік. Тягучка»; третій режим – «Денний»; четвертий режим – «Нічний». Запропоновано підхід оцінки впливу на атмосферне повітря транспортних засобів дозволив кількісно обґрунтувати доцільність та необхідність проведення капітального ремонту об'єкта вулично-дорожньої мережі (мосту Метро міста Києва) при існуючих та прогнозованих перевищеннях гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у результаті експлуатації автомобільної дороги (автопроїздів мосту).

При проходженні санітарно-епідеміологічної та екологічної експертизи проектів реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг загального користування або вулично-дорожньої мережі, як правило, виникає зауваження щодо перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі й ґрунтуючись на цьому зауваженні проект не отримує позитивні екологічну та санітарно-епідеміологічну експертизи. Це зауваження з нормативної точки зору є обґрунтованим, але конструктивно є помилковим, оскільки покращення експлуатаційних характеристик дороги, підвищує її пропускну здатність, тобто дозволяє транспортним засобам рухатись на оптимальних режимах, які забезпечують нижчий рівень витрати палива та відповідно призводить до зниження валових викидів транспортних засобів. Беручи до уваги значимість стану дорожньої мережі для економічного та соціального життя країни та відповідно необхідність покращення її техніко-експлуатаційних показників, в рамках виконання розділу «Оцінка впливів на навколишнє середовище (ОВНС)» робочого проекту «Капітальний ремонт автопроїздів мосту Метро в м. Києві» [1] була виконана порівняльна оцінка впливу транспортних засобів при різних режимах експлуатації мосту Метро, що дало можливість визначити плановану діяльність природоохоронним заходам.

Необхідно зазначити, що міст Метро представляє собою двохярусну споруду для руху метропоїздів (верхній ярус, посередині) та автотранспорту (нижній ярус, з боків). Міст Метро це перша в світі за розмірами прогонів аркова споруда на сухих стиках. Консолі складено з окремих залізобетонних блоків, з'єднаних металевими болтами. Проліт між опорами складає від 80 м до 117 м, довжина мосту 686 м. На час розробки проектної документації автопроїзди мосту Метро мали ширину 7 м кожен. Тротуари розташовувались по краям мосту і були підняті на 0,5 м над проїзною частиною. Їх ширина становила 2,5 м. Повздовжній ухил автопроїзду при наближенні до правого берега р. Дніпро становить 50 %. Естакада метропроїзду має власний профіль, що піднімається над автопроїздом на кінцях мосту, а всередині знаходиться з ним в одному рівні.

Міст Метро у 2008 р. був обстежений Державним дорожнім науково-дослідним інститутом імені М.П. Шульгіна. За результатами обстеження були надані висновки щодо незадовільного технічного стану мосту [2]. Виконанні на першому етапі розробки проектної документації розрахунки існуючого та прогнозного впливу транспортних засобів показали – перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на прилеглий території, що в першу чергу пов'язано з підвищеною інтенсивністю руху. За таких умов отримання позитивного висновку

санітарно-епідеміологічної та екологічної експертиз робочого проекту «Капітальний ремонт автопроїздів мосту Метро в м. Києві» було неможливим. У той же час, відмова від проведення капітального ремонту автопроїздів мосту Метро могла б призвести за різними сценаріями до:

1) ще більшого підвищення рівня загазованості атмосферного повітря під час руху транспортних засобів по автопроїздам мосту (екологічний ризик);

2) руйнування мосту (техногенний ризик), потрапляння зруйнованих частин мосту у р. Дніпро (екологічний ризик) та загибелі або травмування учасників дорожнього руху (індивідуальний ризик).

Ризики від зазначеного фактору загрози є недопустимі, у кількісному відношенні вони зростають у залежності від терміну експлуатації автопроїздів мосту без проведення капітального ремонту (за умови перевищення норм міжремонтних строків експлуатації об'єкту). Тому відмова від планованої діяльності була визначена як фактор загрози, що дало можливість у свою чергу обґрунтувати недопустимість відмови від капітального ремонту мосту Метро.

Тому на другому етапі розробки проектної документації було розглянуто вплив транспортних засобів на атмосферне повітря при різних режимах експлуатації:

➤ Перший режим («Час пік. Пробка»): автомобілі рухаються із середньою швидкістю 1,5 км/год., щільність потоку в одному напрямку складає 400 авт./км (2 смуги руху, довжина автомобіля 4,5 м, дистанція між автомобілями 5 м, інтенсивність руху 600 авт./год.);

➤ Другий режим («Час пік. Тягучка»): автомобілі рухаються із середньою швидкістю 5 км/год., щільність потоку в одному напрямку складає 400 авт./км (2 смуги руху, довжина автомобіля 4,5 м, дистанція між автомобілями 5 м, інтенсивність руху 2000 авт./год.);

➤ Третій режим («Денний»): автомобілі рухаються із рівномірною швидкістю 60 км/год., щільність потоку в одному напрямку складає 133 авт./км (2 смуги руху, довжина автомобіля 4,5 м, дистанція між автомобілями 15 м, інтенсивність руху 8000 авт./год.). Третій режим це – експлуатаційний режим з максимальною інтенсивністю руху транспортних засобів;

➤ Четвертий режим («Нічний»): автомобілі рухаються із середньою швидкістю 60 км/год., щільність потоку в одному напрямку складає 33 авт./км (2 смуги руху, довжина автомобіля 4,5 м, середня дистанція між автомобілями 60 м, інтенсивність руху 2000 авт./год.) Четвертий режим відповідає проектній інтенсивності руху – 48 000 авт./добу.

Оцінка впливу транспортного руху на атмосферне повітря проводилась на основі значень:

- транспортних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря;
- прогнозованих концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі з

врахуванням відстані віддалення від автопроїздів мосту.

Розрахунки пробігових викидів (г/км) та часових викидів (г/с) було проведено згідно з ГСТУ 218-02071168-096 [3] для умовного легкового автомобіля. Розподіл у транспортному потоці автомобілів за типом використовуваного палива прийнято: 60 % з двигунами, що працюють на бензині, і 40 % – на дизельному пальному. Об'єм двигуна автомобіля складає 1,6 л. Витрата палива автомобілів з двигунами, що працюють на бензині, при першому режимі складає 15 л на 100 км, при другому режимі – 13 л на 100 км, при третьому та четвертому режимах – 10 л на 100 км. Витрата палива автомобілів з двигунами, що працюють на дизельному пальному, при першому режимі складає 12 л на 100 км, при другому режимі – 10,5 л на 100 км, при третьому та четвертому режимах – 8 л на 100 км.

Отримані результати розрахунку:

- пробігового викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря від транспортних засобів у залежності від інтенсивності руху (2 смуги одного напрямку) приведено в табл. 1;
- пробігового викиду одного транспортного засобу при проходженні ним відстані в 1 км надано в табл. 2;
- часового викиду забруднюючих речовин від транспортних засобів, що рухаються по одному автопроїзду (2 смуги одного напрямку) мосту Метро, приведено в табл. 3.

Таблиця 1

Режим експлуатації	Інтенсивність руху, км/год.	Довжина ділянки, км	Пробіговий викид забруднюючих речовин від транспортних засобів, г						
			CO	NO ₂	C _n H _m	SO ₂	Сажа	C ₂₀ H ₁₂	Pb
Перший режим («Час пік. Пробка»)	600	0,6718	17,70	1,71	3,16	0,373	0,271	0,0000111	0,0081
		1,0	26,35	2,55	4,71	0,555	0,403	0,0000166	0,0120
Другий режим («Час пік. Тягучка»)	2000	0,6718	51,19	4,96	9,15	1,086	0,790	0,0000323	0,0233
		1,0	76,19	7,39	13,62	1,617	1,176	0,0000480	0,0346
Третій режим («Денний»)	8000	0,6718	157,36	15,22	28,12	3,315	2,409	0,0000989	0,0716
		1,0	234,24	22,66	41,86	4,934	3,585	0,0001472	0,1066
Четвертий режим («Нічний»)	2000	0,6718	39,34	3,81	7,03	0,829	0,602	0,0000247	0,0179
		1,0	58,56	5,66	10,46	1,234	0,896	0,0000368	0,0266

Таблиця 2

Режим експлуатації	Пробіговий викид забруднюючих речовин від одного транспортного засобу при проходженні ним відстані в 1 км, г						
	CO	NO ₂	C _n H _m	SO ₂	Сажа	C ₂₀ H ₁₂	Pb
Перший режим («Час пік. Пробка»)	0,044	0,004	0,008	0,0009	0,0007	0,000000028	0,000020
Другий режим («Час пік. Тягучка»)	0,038	0,004	0,007	0,0008	0,0006	0,000000024	0,000017
Третій режим («Денний»)	0,029	0,003	0,005	0,0006	0,0004	0,000000018	0,000013
Четвертий режим («Нічний»)	0,029	0,003	0,005	0,0006	0,0004	0,000000018	0,000013

Таблиця 3

Режим експлуатації	Щільність потоку одного напрямку, авт./км Час проходження 1 км, хв.	Часовий викид забруднюючих речовин від транспортних засобів, г/с						
		CO	NO ₂	C _n H _m	SO ₂	Сажа	C ₂₀ H ₁₂	Pb
Перший режим («Час пік. Пробка»)	$\frac{400}{40}$	0,007	0,0007	0,0013	0,00015	0,00011	$4,6 \times 10^{-9}$	$3,3 \times 10^{-6}$
Другий режим («Час пік. Тягучка»)	$\frac{400}{30}$	0,008	0,0008	0,0015	0,00018	0,00013	$5,3 \times 10^{-9}$	$3,9 \times 10^{-6}$
Третій режим («Денний»)	$\frac{133}{1}$	0,065	0,0063	0,0116	0,00137	0,00099	$40,8 \times 10^{-9}$	$29,5 \times 10^{-6}$
Четвертий режим («Нічний»)	$\frac{33}{1}$	0,016	0,0016	0,0029	0,00034	0,00025	$10,1 \times 10^{-9}$	$7,3 \times 10^{-6}$

Привнесена транспортним потоком концентрація забруднюючих речовин в атмосферному повітрі також визначалася згідно з ГСТУ 218-02071168-096 [3] і відповідно розраховувалась за формулою:

$$C = \frac{\Delta \cdot M \cdot 1000 \cdot \eta}{W_B \cdot p \cdot x} \exp\left[-\frac{H}{p \cdot x}\right], \text{ мг/м}^3, \quad (1)$$

де x – відстань від джерела забруднення (краю проїжджої частини) до розрахункової точки;

M – викид забруднюючої речовини – г/с на погонну довжину лінійного джерела 1 м;

W – швидкість вітру, перпендикулярна напрямку дороги, м/с;

H – висота джерела над проїжджою частиною (0,4 м – для легкового транспортного потоку; 0,5 м – для змішаного транспортного потоку; 0,6 м – для вантажного транспортного потоку);

p – коефіцієнт, що враховує вплив кута розсіювання забруднюючої речовини у вертикальній площині за рахунок турбулентності атмосфери (p приймають від 0,05 до 0,3);

Δ – коефіцієнт впливу озеленення дороги;

η – коефіцієнт впливу забудови;

C_ϕ – фонові концентрації забруднюючої речовини в атмосферному повітрі, мг/м³.

Розрахунок проводився для швидкості вітру 5 м/с (за даними середньо-статичних метеорологічних умов). Оскільки на автомобільній дорозі змішаний транспортний потік, то висота джерела над проїжджою частиною прийнята рівною 0,5 м. Коефіцієнт p для першого та другого режиму експлуатації мосту прийнятий рівним 0,05, для третього і четвертого – 0,3. Враховуючи, що міст Метро знаходиться над акваторією, коефіцієнти Δ та η прийняті рівними 1.

Аналіз отриманих результатів розрахунку:

1. Так як автопроїзди мосту Метро мають дві смуги руху в одному напрямку і під'їзди до нього також переважно мають дві смуги руху в напрямку мосту (Броварський проспект від станції метро «Лівобережна» та дві смуги руху Набережного шосе), то експлуатаційний режим під'їздів до мосту Метро буде відповідати експлуатаційному режиму відповідного автопроїзду мосту Метро. Таким чином пробіговий викид забруднюючих речовин від транспортних засобів, буде мати однакові показники як для автопроїздів мосту Метро, так і для їх під'їздів.

2. За прогнозними оцінками найбільший пробіговий викид забруднюючих речовин від транспортних засобів відповідає третьому експлуатаційному режиму, найнижчий – при першому експлуатаційному режимі. При цьому пробіговий викид забруднюючих речовин від одного транспортного засобу при третьому та четвертому експлуатаційних режимах найнижчий, а максимальний – при першому експлуатаційному режимі. Тобто валові викиди від транспортних засобів менші при більшій пропускній спроможності вулично-дорожньої мережі (за умови однакового парку машин, які є учасниками дорожнього руху). Капітальний ремонт автопроїздів мосту Метро покращить дорожні умови (підвищить пропускну спроможність смуг руху автопроїздів, забезпечить рівність покриття, підвищить безпеку руху тощо), що створить відповідні умови для більш ефективного режиму експлуатації мосту Метро транспортними засобами, у тому числі знизить кількість і тривалість автомобільних заторів, а значить і загальний добовий обсяг валових викидів від транспортних засобів. Враховуючи зазначене вище планована діяльність розглядається як захід із захисту навколишнього природного середовища.

3. Зниження кількості і тривалості автомобільних заторів за рахунок покращення техніко-експлуатаційних характеристик автопроїздів мосту Метро буде сприяти і зменшенню втрат пального автомобільним транспортом, тобто плановану діяльність можна розглядати як ресурсозберігаючий засіб.

4. За результатами розрахунків перевищення гранично допустимої концентрації (далі ГДК) азоту двооксиду може спостерігатися на відстані 10 м (резервно-технологічна смуга) від краю проїжджої частини при всіх чотирьох режимах експлуатації мосту Метро (табл. 4), що пояснюється низьким значенням ГДК азоту двооксиду та значним вмістом цієї забруднюючої речовини у викидах транспортних засобів.

Таблиця 4

Режим експлуатації	Концентрація забруднюючих речовин на відстані 10 м, г/м ³						
	CO	NO ₂	C _n H _m	SO ₂	Сажа	C ₂₀ H ₁₂	Pb
Перший режим («Час пік. Пробка»)	1,077	0,1042	0,1925	0,02269	0,01649	0,677×10 ⁻⁶	0,00049
Другий режим («Час пік. Тягучка»)	1,246	0,1208	0,2227	0,02644	0,01922	0,785×10 ⁻⁶	0,00057
Третій режим («Денний»)	3,663	0,3543	0,6545	0,07716	0,05606	2,301×10 ⁻⁶	0,00167
Четвертий режим («Нічний»)	0,909	0,0879	0,1624	0,01914	0,01391	0,571×10 ⁻⁶	0,00041
ГДК	5,0	0,085	1,0	0,5	0,15	10 ⁻⁶	0,001

5. Перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі за прогнозними оцінками може спостерігатись при всіх чотирьох розглянутих експлуатаційних режимах (рис. 1–5), а саме при:

- Першому експлуатаційному режимі («Час пік. Пробка») за показником азоту двооксид (NO₂) – від 6 м до 21 м;
- Другому експлуатаційному режимі («Час пік. Тягучка») за показником азоту двооксид (NO₂) – від 5 м до 27 м ;
- Третьому експлуатаційному режимі («Денний») за показниками:
 - вуглецю оксид (CO) – від 1 м до 7 м;
 - азоту двооксид (NO₂) – до 48 м;
 - вуглеводні насичені (C_nH_m) – від 1 м до 6 м;
 - бензпірен (C₂₀H₁₂) – до 25 м;
 - свинець (Pb) – до 18 м;
- Четвертому експлуатаційному режимі («Нічний») за показниками:
 - азоту двооксид (NO₂) – від 1 м до 12 м;
 - бензпірен (C₂₀H₁₂) – від 1 до 5 м;
 - свинець (Pb) – від 1,5 м до 2,5 м.

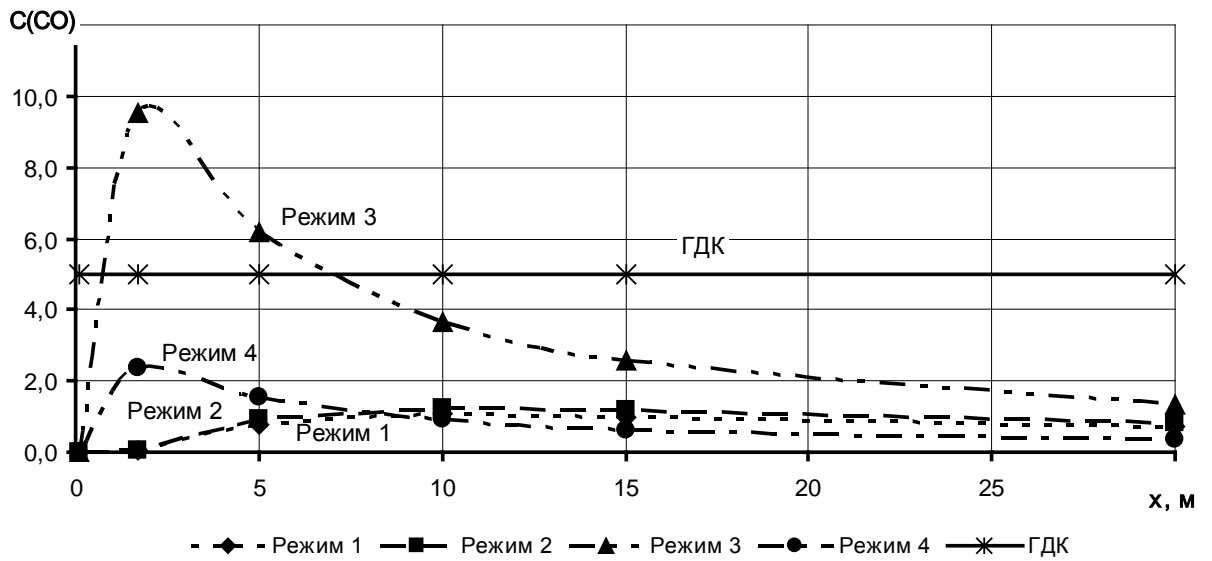


Рис. 1. Концентрація вуглецю оксиду на прилеглий до дороги території

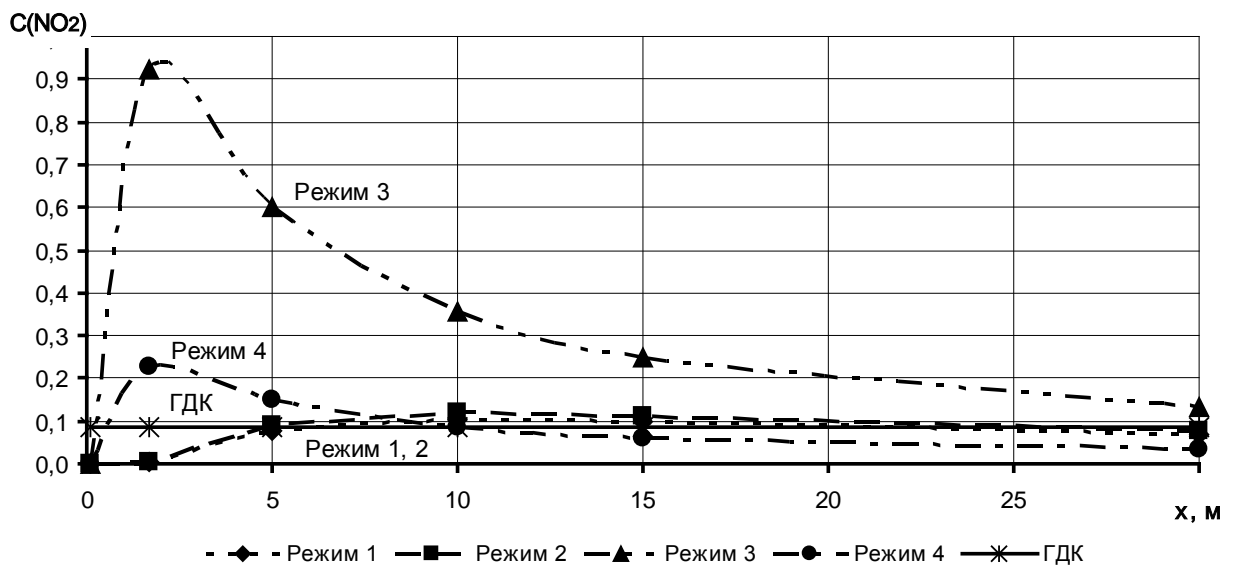


Рис. 2. Концентрація азоту двооксиду на прилеглий до дороги території

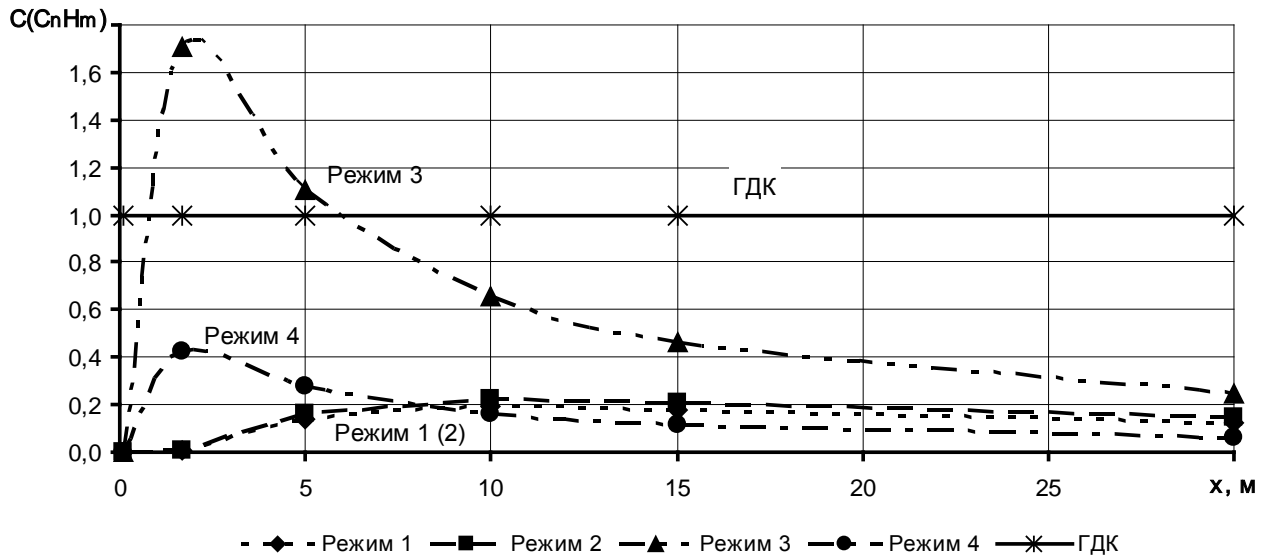


Рис. 3. Концентрація вуглеводних насичених на прилеглий до дороги території

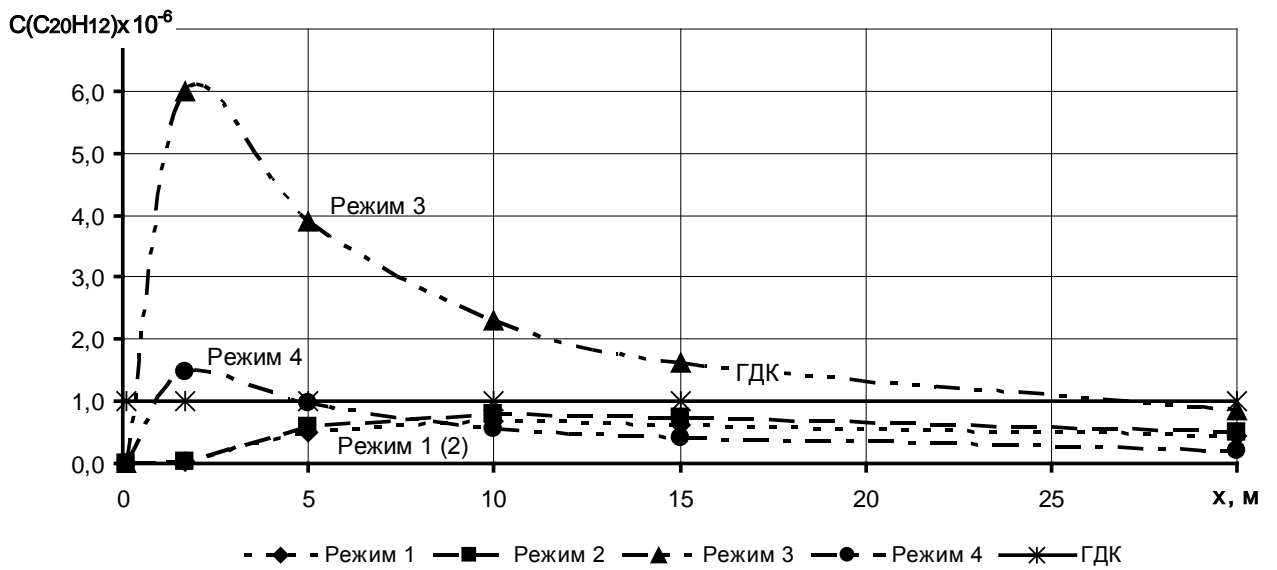


Рис. 4. Концентрація бензпірену на прилеглий до дороги території

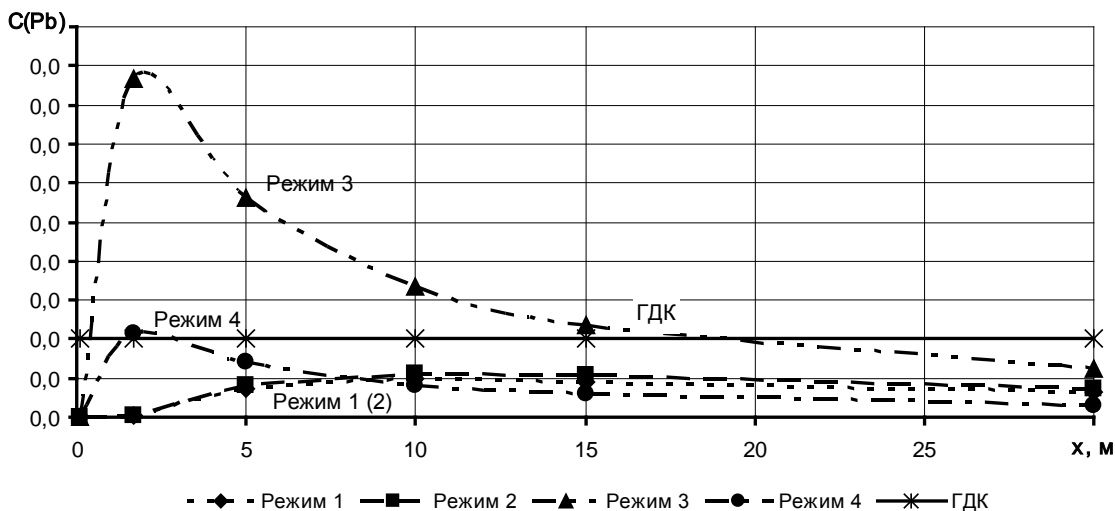


Рис. 5 – Концентрація свинцю на прилеглий до дороги території

За кількісними значеннями найбільші концентрації при першому та другому експлуатаційних режимах спостерігаються на відстані 10 м від краю проїжджої частини при третьому та четвертому експлуатаційних режимах – 1,7 м. Узагальнена характеристика перевищень ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі при експлуатації автопроїздів мосту Метро надана в табл. 5.

Таблиця 5

Ч.ч.	Найменування ЗР	ГДК, мг/м ³	Режим експлуатації	Відстань від краю проїжджої частини, м		Прогнозна максимальна концентрація (C _{max}), мг/м ³	Максимально можливий рівень перевищення ГДК, кількість разів
				L _{C_{max}}	L _{C_{ГДК}}		
1	Азоту двооксид (NO ₂)	0,085	Перший режим («Час пік. Пробка»)	10	21	0,1042	1,2
			Другий режим («Час пік. Тягучка»)	10	27	0,1208	1,4
			Третій режим («Денний»)	1,7	48	0,9236	10,4
			Четвертий режим («Нічний»)	1,7	12	0,2292	2,6
2	Ангідрид сірчистий (SO ₂)	0,5	Перевищення ГДК не прогнозується				
3	Бенз(а)пірен (C ₂₀ H ₁₂)	10 ⁻⁶	Третій режим («Денний»)	1,7	25	6·10 ⁻⁶	6,0
			Четвертий режим («Нічний»)	1,7	5	1,5·10 ⁻⁶	1,5
4	Вуглецю оксид (CO)	5,0	Третій режим («Денний»)	1,7	7	9,5	1,9
5	Вуглеводні насичені (C _n H _m)	1,0	Третій режим («Денний»)	1,7	6	1,7	1,7
6	Сажа	0,15	Перевищення ГДК не прогнозується				
7	Свинець (Pb)	0,001	Третій режим («Денний»)	1,7	18	0,00434	4,3
			Четвертий режим («Нічний»)	1,7	2,5	0,00108	1,1

З табл. 5 видно, що при першому («Час пік. Пробка») та другому («Час пік. Тягучка») режимах експлуатації мосту перевищення ГДК може спостерігатись лише за показником азоту двооксид, максимальні значення перевищень за прогнозними розрахунками складають відповідно 1,2·ГДК та 1,4·ГДК. На відстані 21 м та 27 м відповідно концентрація забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, що обумовлена рухом транспортних засобів в час пік, не буде перевищувати значень ГДК.

При третьому експлуатаційному режимі можуть спостерігатись перевищення ГДК: азоту двооксид (10,4·ГДК), бензпірен (6·ГДК), вуглецю оксид (1,9·ГДК), вуглеводні насичені (1,7·ГДК), свинець (4,3·ГДК). Концентрації бензпірену, вуглецю оксиду, вуглеводних насичених та свинцю, які обумовлені рухом транспортних засобів, набуватимуть значень менших ніж ГДК вже на відстані 25 м, 7 м, 6 м та 18 м відповідно. Враховуючи досить велику інтенсивність руху при даному експлуатаційному режимі, а також відсутність на прилеглий до мосту території інших об'єктів впливу на атмосферне повітря, можна визнати, що зазначені перевищення є незначними. Великі значення перевищень ГДК азоту двооксид обумовлені низьким значенням ГДК цієї речовини в атмосферному повітрі та значним її вмістом у викидах транспортних засобів. У цілому зниження концентрації азоту двооксид в атмосферному повітрі на прилеглий до вулично-дорожньої мережі території, можна досягти лише за рахунок переходу на менш шкідливі види пального при згоранні яких виділяється менша валова кількість азоту двооксид. Повторно зазначаємо, що пробіговий викид азоту двооксид від одного транспортного засобу при третьому та четвертому експлуатаційних режимах значно нижчий ніж при першому і другому режимах. Збільшення концентрації забруднюючих речовин при третьому експлуатаційному режимі пов'язано з підвищеною інтенсивністю руху (при третьому – 8000 авт./добу, при першому – 600 авт./добу). Враховуючи наведене вище та прийнявши до уваги, що міст Метро є однією із основних магістралей м. Києва, яка поєднує правобережну і лівобережну частини міста, і мінімальні потреби м. Києва в транспортному сполученні правобережної і лівобережної частин міста складають 300 000 авт./добу [4], третій експлуатаційний режим можна віднести до умовно прийнятного.

При четвертому експлуатаційному режимі («Нічний») можуть спостерігатись незначні перевищення ГДК: азоту двооксид (2,6·ГДК), бензпірен (1,5·ГДК), свинець (1,1·ГДК). Концентрації азоту двооксид, бензпірену та свинцю, які обумовлені рухом транспортних засобів, набуватимуть значень менших ніж ГДК вже на відстані 12 м, 5 м та 2,5 м відповідно. Цей режим є найбільш сприятливим для навколишнього середовища і учасників дорожнього руху: витрати пального значно менші ніж при першому і другому експлуатаційних режимах; пробіговий викид забруднюючих речовин від одного транспортного засобу мінімальний з оцінюваних режимів; сприятливі умови проїзду, які забезпечують безпеку учасникам дорожнього руху.

6. Так як оцінка впливу на повітряне середовище проводилась з розрахунку найбільш несприятливих метрологічних і дорожніх умов, то отримані розрахункові значення викидів та концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі (обумовлені рухом транспортних засобів) відповідають максимально можливому впливу. За реальних метрологічних умов та за умови проведення капітального ремонту автопроїздів мосту Метро впливи на атмосферне повітря від транспортних засобів в кількісному відношенні будуть меншими на 20...30 % від розрахункових значень.

7. На підставі проведених розрахунків забруднення атмосферного повітря від транспортних засобів пропонується розмір санітарно-захисної смуги встановити 50 м.

Висновки:

1. При оцінці впливу транспортних засобів на атмосферне повітря в рамках підготовки матеріалів ОВНС проектної документації на реконструкцію (капітальний ремонт) автомобільних доріг загального користування I та II технічної категорії або

вулично-дорожньої мережі пропонується надавати порівняльну оцінку при різних експлуатаційних режимах. Запропонований підхід дозволяє:

- обґрунтувати, що планована діяльність є природоохоронним заходом;
- запобігти при проходженні санітарно-епідеміологічної та екологічної експертизи зауваження щодо перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

2. Оскільки реконструкція та капітальний ремонт є одним із пріоритетних напрямів сталого розвитку держави, необхідно розробити та затвердити в установленому порядку методичку оцінки впливу транспортних засобів на атмосферне повітря при експлуатації автомобільних доріг загального користування та вулично-дорожньої мережі, яка б включала елементи порівняльного аналізу різних режимів експлуатації дороги, наприклад як у запропонованому підході.

1. Капітальний ремонт автопроїздів мосту Метро в м. Києві. Робочий проект. Том 8. Оцінка впливів на навколишнє середовище (ОВНС). 534/09-00-ОВНС. – Київ: АТЗТ «Київсоюзшляхпроект», 2010. – 93 с.

2. Технічний звіт «Комплексне обстеження мосту «Метро» через р. Дніпро в м. Києві». Том 1. Обстеження мосту «Метро» через р. Дніпро в м. Києві. – Київ: «Укравтодор» / ДерждорНДІ, 2008. – 47 с.

3. ГСТУ 218-02071168-096-2003 Оцінка та прогнозування екологічного стану доріг та виробничих баз.

4. Фукс Г.Б. Мости Києва. Сучасне та плани / Транспортное строительство Украины. – № 4(4). – Київ: ООО «Трансстройиздат», 2006. – С. 38–42.

1. Overhaul of bridge road bed of Metro Bridge in the city Kiev. The working draft. V. 8. Environmantal Impact Assessment (EIA). 534 / 09-00-EIA. - Kyiv: CJSC "Kyivsoiuzshliakhproekt", 2010. - 93 p.

2. Technical report "Comprehensive survey of the bridge 'Metro' through the river Dnieper in Kiev." Volume 1. Survey on the bridge 'Metro' through the river Dnieper in Kiev. - Kyiv "Ukravtodor" / DerzhdorNDI, 2008. - 47 p.

3. HSTU 218-02071168-096-2003 Assessment and prediction of ecological state of roads and production bases.

4. Fukhs G.B. Kyiv.Bridges. Modern and plans / Transport construction of Ukraine. - № 4 (4). -Kiev: OJSC "Transstroyizdat", 2006. - P. 38-42.

Н.А. Бородіна

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Представлена оценка влияния на атмосферный воздух транспортных средств, которая основывается на сравнении четырех основных режимов эксплуатации дороги: первый режим – «Час пик. Пробка»; второй режим – «Час пик. Тягучка»; третий режим – «Дневной»; четвертый режим – «Ночной». Предложенный подход оценки влияния на атмосферный воздух транспортных средств позволил количественно обосновать целесообразность и необходимость проведение капитального ремонта объекта улично-дорожной сети (моста Метро города Киева) при существующих и прогнозных превышениях предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в результате эксплуатации автомобильной дороги (автопроездов моста).

N. Borodina

EVALUATION OF VEHICLES IMPACT ON AIR IN DIFFERENT MODES OF ROAD NETWORK

Presented impact assessment on the air which is done by vehicle based on a comparison of the four main operating modes of the road: first mode - "Rush Hour. Traffic jam"; the second mode - "Rush Hour. Congestion "; third mode - "Day time"; the fourth mode - "Night time" The approach to assessing the impact on air that is done by vehicles allowed to quantitatively prove the expediency and the need to overhaul the object road network (Metro Bridge Kyiv) during the existing and projected excess of maximum permissible concentration of pollutants in the operation of the highway (bridge road bed).

УДК 504.064

О.О. ПОПОВ

ДУ „Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”, м. Київ

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НЕРАДІАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ В ЗОНАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ АЕС УКРАЇНИ

В статті виконано аналіз організації екологічного моніторингу нерадіаційних факторів впливу на атмосферне повітря та водне середовище в зонах спостереження АЕС України. Також розглянуто питання охорони навколишнього середовища від забруднення небезпечними відходами на АЕС України

Вступ

Атомна енергетика України є однією з базових галузей економіки України, та джерелом її енергетичної стабільності. Протягом тривалого періоду атомна енергетика забезпечує істотну частину загального виробництва електроенергії в Україні (до 50 %).

У даний час на чотирьох атомних електростанціях (АЕС), що підпорядковані державному підприємству «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом» (ДП «НАЕК «Енергоатом»), експлуатуються 15 ядерних енергоблоків із загальною встановленою потужністю 13835 МВт: 13 енергоблоків з реакторами типу ВВЕР-1000 та 2 енергоблоки з реакторами типу ВВЕР-440. Це складає 26,3 % від сумарної встановленої потужності всіх електростанцій країни.

Відповідно до «Енергетичної стратегії України до 2030 року» розвиток паливно-енергетичного комплексу країни тісно пов'язується з ядерною енергетикою. Планується, що в загальному балансі виробництва електроенергії частка АЕС складе 52,1 %.

Реальність і здійсненність такого державного підходу залежить не тільки від фінансово-економічних чинників, а й від того, наскільки безпечно працюватимуть підприємства ядерно-енергетичної галузі, у т.ч. і з екологічної точки зору [1, 5].

Постановка задачі

Розвиток атомної енергетики повинен здійснюватися за результатами вивчення впливу цієї галузі виробництва на навколишнє середовище під час безаварійної роботи підприємств. Такі дослідження необхідно проводити з урахуванням усього комплексу факторів, пов'язаних із впливом не тільки на здоров'я людини, а й безпосередньо на компоненти довкілля.

Використання лише санітарно-гігієнічних показників може виявитися некоректним; необхідно відійти від антропоцентричного світогляду у вивченні стану навколишнього природного середовища (НПС) та враховувати ландшафтну структуру територій навколо енергетичних об'єктів як характеристики природних властивостей та потенціалу. Лише у цьому випадку буде можливо у повній мірі дослідити вплив підприємств атомної енергетики на НПС, існуючі зв'язки між компонентами довкілля та забезпечити екологічну безпечність промислового виробництва.

В роботі [5] представлено аналіз основних радіаційних та нерадіаційних факторів впливу АЕС України на всі компоненти НПС.

В статті [2] представлено результати дослідження сучасного стану інформатизації системи радіоекологічного моніторингу НПС в зонах спостереження (ЗС) АЕС України.

В даній роботі представлено аналіз організації моніторингу нерадіаційних факторів впливу на навколишнє природне середовище в ЗС АЕС України. Дане дослідження є основою для побудови:

1. системи комплексного радіоекологічного моніторингу наземних екосистем у

районах розташування АЕС для забезпечення їх екологічної безпеки [1, 7, 8, 9];

2. комп'ютеризованої аналітичної інформаційно-експертної системи оцінки екологічного впливу АЕС на навколишнє середовище, що призначена для накопичення, збереження, систематизації, аналізу, обміну та відображення даних, які отримані при проведенні комплексного радіоекологічного моніторингу/контролю в ЗС АЕС України [6].

Вирішення задачі

Спостереження за хімічним станом в 30-км ЗС АЕС здійснюють відділи охорони навколишнього середовища (ВОНС), а також підрозділи гідрометслужби Державної служби з надзвичайних ситуацій України, служба санітарного контролю МОЗ України та науково-дослідні установи, що залучаються підрозділами ДП «НАЕК «Енергоатом» для моніторингових спостережень.

Природоохоронна діяльність на атомних станціях ДП «НАЕК «Енергоатом» ґрунтується на дотриманні вимог екологічного законодавства України та забезпечується за рахунок ефективної роботи газо- та водоочисних споруд, дотримання встановлених нормативів скидів у водні об'єкти забруднюючих речовин (ЗР), дотримання умов дозволів на газові викиди в атмосферу, утворення та розміщення небезпечних відходів, підвищення екологічної культури персоналу та якісно виконуваних організаційно-технічних природоохоронних заходів. Раціональне природокористування на відокремлених підрозділах (ВП) АЕС досягається застосуванням ресурсозберігаючих технологій та зниженням споживання водних ресурсів.

У відповідності з чинним природоохоронним законодавством в районах розташування АЕС організовані та функціонують системи об'єктового екологічного моніторингу за станом НПС. Спостереження на об'єктах АЕС здійснюються на всіх етапах існування станції, починаючи з етапу інженерно-геологічних досліджень при проектуванні та будівництві АЕС, та продовжуються і розширюються під час експлуатації, ремонтних робіт, виводі з експлуатації, а також при виникненні аварійних ситуацій.

Екологічний моніторинг нерадіаційних факторів впливу АЕС на НПС передбачає [3, 4]:

- інвентаризацію всіх видів нерадіаційних джерел забруднення атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод;
- виконання з необхідною точністю вимірювань об'ємів та концентрацій забруднюючих хімічних домішок, що викидаються та скидаються АЕС в НПС;
- інвентаризацію нерадіоактивних відходів, що утворюються та видаляються з АЕС;
- надання результатів вимірювань на АЕС в державні статистичні органи;
- оцінку та прогноз нерадіаційних забруднень;
- оцінку використання природних ресурсів.

Дані моніторингу використовуються станціями для звітності перед природоохоронними наглядовими та державними статистичними органами, розробки заходів з охорони природи, відновлення та раціонального використання природних ресурсів, а також для інформування місцевих органів влади, суспільних та громадських екологічних об'єднань.

Екологічний моніторинг нерадіаційного впливу на НПС виконують підрозділи ВОНС АЕС. У своєму складі вони мають акредитовані спеціалізовані екологічні лабораторії з необхідним парком приладів. ВОНС укомплектовані фаховими спеціалістами необхідного рівня знань та нормативно-технологічною документацією [4].

Охорона атмосферного повітря

Екологічний контроль викидів ЗР в атмосферне повітря здійснюється розрахунковим способом на основі проведення інвентаризації стаціонарних джерел, шляхом ведення на

ВП АЕС первинного обліку сировини, допоміжних матеріалів та палива, а також шляхом періодичних інструментальних замірів викидів.

АЕС щоквартально звітується перед державними статистичними органами по формі № 2-ТП (повітря), яка складається з врахуванням фактично відпрацьованого часу технологічного обладнання та установок очистки газу. Ці дані використовуються державними органами управління в області охорони НПС для екологічного моніторингу повітряного басейну регіону.

На всіх АЕС України функціонують акредитовані еколого-хімічні лабораторії (ЕХЛ), які проводять хімічний контроль за джерелами викидів ЗР в атмосферу та аналіз ефективності роботи пилогазоочисних установок у відповідності із затвердженими ВП АЕС регламентами чи об'ємами хімічного контролю. У випадках, коли виникають проблеми з визначенням певних екологічних показників моніторингу, або коли необхідно провести специфічні дослідження не характерні для ЕХЛ, вищезазначений контроль здійснюється за договорами зі спеціалізованими організаціями.

Контроль викидів ЗР в атмосферу на ВП АЕС здійснюється у відповідності із затвердженими регламентами, об'ємами та графіками хімічного контролю, затверджених та погоджених у встановленому порядку.

Охорона водних об'єктів

АЕС для здійснення своєї виробничої діяльності використовують наземні та підземні джерела водопостачання. Як правило, АЕС використовують в якості джерела госпитного водопостачання артезіанські свердловини, а для технічного водопостачання – воду річок та водосховищ.

Державний моніторинг вод здійснюється на основі проведеної інвентаризації джерел скидів хімічного забруднення у водні об'єкти, ведення на АЕС первинного обліку кількості вод, що скидаються, їх якості та складу ЗР, а також даних, які надаються державним статистичним органам.

АЕС щоквартально звітують перед державними статистичними органами по формі № 2-ТП (водгосп), яка складається з врахуванням фактично скинутих вод і на основі даних інструментальних замірів хімічних компонентів, виконаних ЕХЛ АЕС.

На АЕС є акредитовані ЕХЛ, які проводять фізико-хімічний контроль за скидами ЗР у водні об'єкти. Також здійснюється контроль ефективності роботи очисних споруд та зливових вод у відповідності із затвердженими АЕС регламентами чи об'ємами контролю.

З метою підтримки мінералізації на потрібному рівні проводяться періодичні продувки ставків-охолоджувачів у поверхневі водні об'єкти (річки, водосховища).

Моніторинг поверхневих водних об'єктів в районі розташування АЕС Компанії (ставок-охолоджувач, прилеглі річки та водосховища) традиційно включає спостереження:

- за гідрохімічним режимом;
- за тепловим режимом.

Місце розташування пунктів контролю температури та відбору проб води вибираються з врахуванням типу водоймищ, джерел хімічного забруднення водоймищ, систем технічного водопостачання АЕС, складу та об'єму скидних вод.

На АЕС проводиться екологічний моніторинг поверхневих водоймищ, який включає в себе:

- ведення за встановленими формами первинного звіту щодо забору свіжої води та обсягів скиду продувочних вод;
- проведення систематичного контролю за фізико-хімічними показниками води водних об'єктів;
- здійснення контролю за кількістю та якістю скидних та зливових вод;
- проведення замірів температури води;
- проведення контролю за ефективністю роботи очисних споруд;

- ведення державної статистичної звітності і т.д.

ВП АЕС здійснюють також тепловий вплив на НПС шляхом скиду в річки чи водойми (водосховища) підігрітих продувочних вод ставків-охолоджувачів чи зворотних охолоджувальних систем конденсаторів турбін. ВП АЕС виконують періодичні заміри температури ставків-охолоджувачів, річок та водосховищ, зворотних та інших систем охолодження.

Охорона навколишнього середовища від забруднення небезпечними відходами на АЕС України

В результаті своєї виробничої діяльності АЕС утворюють різні нерадіаційні відходи, які розміщують в спеціально обладнаних місцях (полігонах, площадках, шламонакопичувачах, контейнерах, складах і т.д.). На утворення та розміщення відходів вимагаються спеціальні дозволи та ліміти, які видаються місцевими органами Мінприроди України та Держадміністрацією. Вимагаються також отримання ліцензій на операції в сфері поводження з небезпечними відходами (збір, перевезення, зберігання, утилізацію та видалення) на території АЕС, які видаються територіальними органами Мінприроди України.

На ВП АЕС небезпечні відходи класифікуються наступним чином [4]:

- 1 клас – ртутьвмісні люмінесцентні лампи;
- 2 клас – акумуляторні батареї, відпрацьовані мастила (нафтопродукти);
- 3 клас – замазучений пісок, нафтошлами, лом кольорових металів, замаслене ганчір'я;
- 4 клас – теплоізоляція, відходи деревообробки, недопал вапна, житлове та будівельне сміття та ін.

Утворені на АЕС відходи розміщуються на власних та місцевих полігонах. Однак їх вплив на екологічний стан НПС незначний.

Державний моніторинг поводження з відходами здійснюється місцевими органами Держадміністрації та Мінприроди України на основі проведення інвентаризації місць утворення, збереження та розміщення відходів, ведення на ВП АЕС ДП «НАЕК «Енергоатом» первинного обліку кількості утворюваних та розміщуваних відходів, їх якості та складу ЗР в ґрунті місць розміщення, а також даних, які надаються державним статистичним органам.

У відповідності з рішенням Ліцензійної комісії Мінприроди України ДП «НАЕК «Енергоатом» видана ліцензія «Операція в сфері поводження з небезпечними відходами (збір, перевезення, збереження, видалення)» (серія АГ № 581956, строк дії з 26.07.2011 р. по 26.07.2016 р.) на право здійснення господарської діяльності на підконтрольних їй ВП АЕС з наступними основними видами небезпечних відходів:

- відпрацьовані нафтопродукти, непридатні для використання за призначенням (в тому числі відпрацьовані моторні, індустриальні мастила та їх суміші);
- відпрацьовані люмінесцентні лампи, які містять ртуть;
- відпрацьовані батареї свинцево-кислотних акумуляторів;
- відпрацьовані електричні конденсатори.

У відповідності з наказом Держкомітету Статистики України № 233 від 21.06.2010 р. АЕС ДП «НАЕК «Енергоатом» починаючи з 2010 року щорічно звітують перед державними статистичними органами по формі №1-відходи «Поводження з відходами за ____ рік». Дані форми складаються ВП АЕС ДП «НАЕК «Енергоатом» з врахуванням фактично утворених та розміщених відходів ВП АЕС трьох класів безпеки і направляються в статистичні національні органи. В дирекцію Компанії ВП АЕС направляють інформацію про небезпечні відходи по всіх чотирьох класах безпеки у відповідності з формами галузевого СТП 0.26.085-2009. Інформація в інші зацікавлені відомства України направляються ВП АЕС Компанії за їх запитом у встановленому порядку.

Облік небезпечних відходів 4 класу ведеться на ВП АЕС екологічними службами (ВОНС) для визначення утворення та руху таких відходів всередині Компанії. Дані інструментальних замірів хімічних компонентів ґрунтів полігонів, виконаних ЕХЛ ВП АЕС, використовуються для відомчої звітності. Статистичні дані використовуються спеціальними уповноваженими державними органами регулювання в області охорони НПС для екологічного моніторингу поводження з відходами.

На АЕС є акредитовані ЕХЛ, якими проводиться хімічний контроль стану ґрунтів місць розміщення відходів, санітарно-захисних зон і ЗС у відповідності з затвердженими ВП АЕС регламентами чи об'ємами контролю. У випадку відсутності таких лабораторій на ВП АЕС, дана робота виконується спеціалізованими організаціями за договорами.

Знешкодження та захоронення небезпечних промислових відходів здійснюється на спеціальних інженерних спорудах – полігонах захоронення небезпечних промислових відходів.

В табл. 1–3 наведено перелік показників та речовин, які визначаються та досліджуються при оцінці впливу нерадіаційних факторів на НПС ВП АЕС України.

Таблиця 1. Викиди забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел

№ п/п	Параметри контролю та забруднюючі речовини	Реалізація на АЕС			
		ЗАЕС	РАЕС	ХАЕС	ЮУАЕС
1	Всього по підприємству (без урахування діоксиду вуглецю)	+	+	+	+
2	Метали та їх сполуки	+	+	+	+
3	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки та волокна)	+	+	+	+
4	Сполуки азоту	+	+	+	+
5	Діоксид та інші сполуки сірки	+	+	+	+
6	Оксид вуглецю	+	+	+	+
7	Неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС)	+	+	+	+
8	Метан	+	+	+	–
9	Хлор та сполуки хлору (у перерахунку на хлор)	+	+	+	+
10	Фтор та його сполуки (у перерахунку на фтор)	+	+	+	+
11	Фреони	–	+	+	–
12	Вуглецю діоксид	–	+	+	–

Таблиця 2. Параметри та забруднюючі речовини при контролі водних об'єктів

№ п/п	Параметри контролю та забруднюючі речовини	Реалізація на АЕС			
		ЗАЕС	РАЕС	ХАЕС	ЮУАЕС
1	Мінералізація	+	+	+	+
2	Сульфати	+	+	+	+
3	Хлориди	+	+	+	+
4	Кальцій	+	+	+	+
5	Магній	+	+	+	+
6	Натрій	+	–	+	+
7	Калій	+	–	+	+
8	Азот амонійний	+	+	+	+
9	Нітрити	+	+	+	+
10	Нітрати	+	+	+	+

11	Фосфати	+	+	+	+
12	Залізо загальне	+	+	+	+
13	Марганець	+	-	+	+
14	Мідь	+	+	+	+
15	Цинк	+	+	+	-
16	Кисень розчинний	+	+	+	+
17	Завислі речовини	+	+	+	+
18	Нафтопродукти	+	+	+	+
19	СПАР	+	+	+	+
20	БСК ₅	+	+	+	+
21	ХСК	+	+	+	+
22	pH	+	+	+	+
23	Температура	+	+	+	+
24	Жорсткість загальна	+	-	+	+
25	Жорсткість карб	+	-	-	-
26	Лужність загальна	+	-	+	+
27	Кобальт	+	-	-	-
28	Нікель	+	-	-	+
29	Кадмій	+	-	-	+
30	Свинець	+	-	-	+
31	Фториди	+	-	-	+
32	Морфолін	+	-	+	-
33	Моноетаноламін	-	+	-	-
34	Оксиетилендендифосфонова кислота	-	+	-	-
35	Поліакрилат натрію	-	+	-	-
36	БСК _п	-	-	-	+
37	Хром	-	+	+	+
38	Гідрокарбонати	+	-	-	-
39	Алюміній	+	-	-	-
40	Сухий залишок	-	-	+	+
41	Запах	+	+	+	+
42	Прозорість	-	-	+	+
43	Колірність	-	-	+	+
44	Бікарбонати	-	-	+	-
45	Карбонати	-	-	+	-
46	Гідрати	-	-	+	-
47	Перманганатна окислюваність	-	-	+	-
48	Молібден	-	-	-	+
49	Фтор	-	-	-	+
50	Аміак	-	-	-	+

Таблиця 3. Параметри та забруднюючі речовини при контролі ґрунтів, мулів та донних відкладень

№ п/п	Параметри контролю та забруднюючі речовини	Реалізація на АЕС			
		ЗАЕС	РАЕС*	ХАЕС	ЮУАЕС*
1	Азот амонійний	+		+	
2	Алюміній (обмінний)	+		-	
3	Бікарбонат-іон *	+		-	
4	Водневий показник pH	+		+	
5	Електропровідність питома	+			

6	Залізо (рухомі форми) **	+		+	
7	Калій	+		+	
8	Кальцій (водна витяжка)	+		+	
9	Кальцій (обмінний)	+		+	
10	Кобальт (рухомі форми)	+		+	
11	Магній (водна витяжка)	+		+	
12	Магній (обмінний)	+		+	
13	Марганець (обмінний)	+		+	
14	Мідь (рухомі форми)	+		+	
15	Натрій	+		+	
16	Нафтопродукти	+		-	
17	Нікель (рухомі форми)	+		-	
18	Нітрати	+		+	
19	Свинець (рухомі форми)	+			
20	Сульфати	+		+	
21	Фосфор (рухомі форми)	+		+	
22	Хлориди	+		+	
23	Цинк (рухомі форми)	+		+	
24	Амоній	-		+	
25	Сухий залишок	-		+	
26	Валовий азот	-		+	
27	Органічна речовина, %	-		+	
28	Вологість, %	-		+	
29	Зольність, %	-		+	
30	Завислі (суспендовані речовини)			+	

* В щорічних звітах з оцінки впливу нерадіаційних факторів ВП РАЕС та ЮУ АЕС ДП «НАЕК «Енергоатом» на навколишнє природне середовище за 2012 рік параметри та забруднюючі речовини при контролі ґрунтів, мулів та донних відкладень не наводяться.

Висновки

В роботі представлено результати аналізу основних аспектів організації екологічного моніторингу нерадіаційних факторів впливу на атмосферне повітря та водне середовище в зонах спостереження АЕС України. Також розглянуто питання охорони навколишнього середовища від забруднення небезпечними відходами на АЕС України. Виконано порівняльний аналіз переліку показників та речовин, які визначаються та досліджуються при оцінці впливу нерадіаційних факторів на НПС ВП АЕС України.

Отже, за результатами виконаного дослідження можна зробити висновок про те, що на ВП АЕС України функціонує система екологічного моніторингу нерадіаційних факторів впливу на НПС, яка дозволяє вирішувати покладені на неї задачі згідно природоохоронного законодавства України. Але дана система моніторингу потребує суттєвої модернізації як апаратного так і інформаційного забезпечення для відповідності міжнародним вимогам щодо систем екологічного моніторингу в зонах спостереження техногенних об'єктів.

1. Барбашев С.В. Система комплексного радіоекологічного моніторингу районів розташування АЕС України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.14.14 „Теплові та атомні енергоустановки” / С.В. Барбашев. – Одеса, 2009. – 36 с.

2. Лисиченко Г.В. Сучасний стан інформатизації системи моніторингу навколишнього середовища в зонах впливу АЕС України / Г.В. Лисиченко, О.О. Попов //

Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – Київ, 2014. – № 71. – С. 9–21.

3. Моніторинг довкілля: підручник / [В.М. Боголюбов, М.О. Клименко, В.Б. Мокін та ін.] ; під ред. В.М. Боголюбова. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 232 с.

4. Отчет «По оценке воздействия нерадационных факторов ОП АЭС ГП НАЭК «Энергоатом» на окружающую среду за 2012 г.» – Киев, 2013. – 87 с.

5. Попов О.О. Вплив АЕС на екологічну безпеку прилеглих територій / О.О. Попов // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – Київ, 2014. – № 70. – С. 11–20.

6. Попов О.О. Концепція інформаційно-експертної системи для оцінки екологічного впливу АЕС на навколишнє середовище / О.О. Попов // Матеріали XXXIII Щорічної науково-технічної конференції „Моделювання”, 15–16 січня 2014 р.: тези допов. – Київ: ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2014. – С. 5–6.

7. Попов О.О. Підходи до організації та ведення комплексного радіоекологічного моніторингу наземних екосистем у районах розташування АЕС / О.О. Попов // Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2013. – Вип. 68. – С. 11–18.

8. Сегеда С.О. Екологічна оцінка стану навколишнього природного середовища в районі розташування ВП «Южно-Українська АЕС»: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / С.О. Сегеда. – Харків, 2012. – 20 с.

1. Barbashev S. Complex radioecological monitoring system for areas of Ukrainian NPP's location: Thesis for Dr. Technical Sciences 05.14.14 "Heat and nuclear power plants" / S. Barbashev. – Odes. nat. politehn. Univ. – Odessa, 2009. – 36 p. – Thesis.

2. Lysychenko G. Current state of information system for monitoring the environment in zones around nuclear power plant in Ukraine / G. Lysychenko, O. Popov // Scientific Papers of the Institute for Modelling in Energy G. Pukhov. – Kyiv, 2014. – № 71. – P. 9-21.

3. Environmental monitoring: Textbook / [V. Bogolyubov, M. Klimenko, V. Mokin et al.]; ed. M. Bogolyubov. – 2nd ed., Processing and add. – Vinnitsa: VNTU, 2010. – 232 p.

4. The report "Impact Assessment of nonradiative factors SU NPP SE NNEGC "Energoatom" on the environment in 2012". – Kyiv, 2013. – 87 p.

5. Popov O. NPP impact on environmental security surrounding area / O. Popov // Scientific Papers of the Institute for Modelling in Energy G. Pukhov. – Kyiv, 2014. – № 70. – P. 11-20.

6. Popov O. The concept of information and expert system to assess the environmental impact of nuclear power on the environment / O. Popov // Materials of XXXIII Annual Scientific Conference "Simulation", 15-16 January, 2014 : abstracts . – Kyiv: G. Pukhov's IMPPE NAS of Ukraine, 2014. – P. 5-6.

7. Popov O. Approach to organizing and conducting a comprehensive radiological monitoring of terrestrial ecosystems in the areas of the plant / O. Popov // Scientific Papers of the Institute for Modelling in Energy G. Pukhov. – Kyiv, 2013. – № 68. – P. 11-18.

8. Popov O. Approach to organizing and conducting a comprehensive radiological monitoring of terrestrial ecosystems in the areas of the plant / O. Popov // Scientific Papers of the Institute for Modelling in Energy G. Pukhov. – Kyiv, 2013. – № 68. – P. 11-18.

9. Segeda S. Assessment of the environment state in the location area of the South-Ukrainian NPP / Thesis of candidate of Technical Sciences, 21.06.01 "Environmental Safety" / S. Segeda. – Ukrainian Scientific and Research Institute of Ecological Problems, Kharkiv, 2012. – 20 p.

А.А. Попов

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НЕРАДИАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ В ЗОНАХ НАБЛЮДЕНИЯ АЭС УКРАИНЫ

В статье выполнен анализ организации экологического мониторинга нерадиационных факторов воздействия на атмосферный воздух и водную среду в зонах наблюдения АЭС Украины. Также рассмотрен вопрос охраны окружающей среды от загрязнения опасными отходами на АЭС Украины.

A. Popov

ORGANIZATION OF ENVIRONMENTAL MONITORING OF NON-RADIATION FACTORS AND THEIR INFLUENCE ON THE ENVIRONMENT IN THE SURVEILLANCE AREAS OF UKRAINIAN NPPS

The analysis of the organization of the environmental monitoring of non-radiological factors on the atmosphere and the aquatic environment in the surveillance areas of Ukrainian NPPs is done in the article. Also the question of environmental protection from pollution by hazardous waste at Ukrainian NPPs is considered.

УДК 504.556

Т.В. ДМИТРЕНКО, В.В. ЯКОВЛЕВ

Харьковская национальная академия городского хозяйства, г. Харьков

ТЕХНОГЕНЕЗ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ПОДТОПЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ НА ПРИМЕРЕ ХАРЬКОВА

На основе данных натурных исследований, фондовых материалов и литературных данных рассмотрены техногенные изменения грунтовых вод в крупном городе на примере г. Харькова. Даются рекомендации по уменьшению негативного процесса подтопления и загрязнения грунтовых вод на застроенных территориях.

Подтопление на Украине является одним из самых разрушительных инженерно-геологических явлений, поскольку приводит к колоссальной деградации основных фондов – жилых и производственных зданий, дорог, коммуникаций, металлических и бетонных конструкций. Ежегодные убытки в масштабах страны составляют 6,2 млрд грн. Документально наличие существенных участков подтопления установлено в 510 городах, поселках и селах Украины, которые по степени пораженности этим явлением ранжируются в соответствии с населенностью: наиболее пораженными являются центры крупных городов. Практически, степень подтопленности городов в меньшей степени коррелирует с геологическими и геоморфологическими условиями, и в большей – с показателем территориальной концентрации водопотребления [12]. В тоже время, нарушение природного баланса грунтовых вод приводит к подъему их уровня, сокращению мощности зоны аэрации и значительному уменьшению степени их защищенности, что на подтопленных участках при прочих равных условиях приводит к наибольшему загрязнению грунтовых вод [3]. По данным [11] в подземных водах, которые в пределах населенных пунктов используются для тех или иных целей наиболее часто встречаются следующие виды загрязнения: нефтепродукты, нитраты, хлориды, фенолы, пестициды, аммоний, марганец, хром и другие тяжелые металлы. Кроме того, увеличивается относительно фоновых значений общее солесодержание, жесткость, содержание сульфатов, природного железа и фтора.

В связи с вышесказанным изучение эволюции грунтовых вод в условиях техногенеза актуально, и в первую очередь тенденции изменений в подземной гидросфере должны наблюдаться в крупных городах.

В настоящей статье выполнен обзор вопросов связанных с техногенным изменением и загрязнением грунтовых вод в крупном городе на примере г. Харькова. Привлечены данные о грунтовых водах, полученные на ряде объектов и предприятий Харькова в ходе работ, участие в которых принимали авторы статьи. Это результаты геолого-экологических исследований промышленно-городской агломерации г. Харькова [17], изучения родникового стока Харькова [16], гидрогеологические работы на коммунальном предприятии «Харьковводоканал», на ряде предприятий, находящихся на подтопленных территориях: завод «Свет Шахтера», дрожжевой завод, завод железобетонных конструкций № 3, пивзавод «Новая Бавария», Южная железная дорога, ПАО «Эффект», Харьковский тракторный завод, комбикормовый завод, кондитерская фабрика, источник Шатиловский. Используются данные ОАО «УкркоммунНИИпроект», данные диссертаций авторов [6, 14], а также изданные работы [1–5, 7–10, 13–15].

Подтопленные территории г. Харькова располагаются в основном в пределах пойм и первых надпойменных террас рек Уды, Лопань, Харьков, Немышля, где развит водоносный горизонт аллювиальных отложений, сложенный мелкозернистыми песками, супесями с прослоями иловатых суглинков и глин. Общая мощность аллювия рек составляет от 5–8 до 10–15 м. Горизонт содержит грунтовые воды, уровень которых

располагается в основном на глубине от 1,8 до 4 м [9]. Колебание уровней в различные сезоны года достигает 1–1,5 м и поэтому значительная часть города (более 8,5 тыс. га или около трети территории Харькова [8]) является подтопленной или потенциально подтопленной.

Подстилающим водоупором служат эоценовые глины и мергели. Покрывающие аллювий субэральные отложения имеют незначительную мощность – до 2–3 м и представлены супесью, суглинком и насыпными грунтами (суглинистым и супесчаным перемещенным материалом с включением строительного и бытового мусора) мощностью в основном до 1,5–2,5 м.

В поймах рек водоносный горизонт современных аллювиальных отложений местами залегает непосредственно на водоносных породах более древних отложений (водоупорные отложения размыты). Через такие окна осуществляется активная гидравлическая и фильтрационная взаимосвязь с нижележащими водоносными горизонтами бучакских и меловых отложений.

Питание грунтовых вод происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков и фильтрационных потерь из водонесущих коммуникаций. Основные статьи разгрузки – перетекание в нижележащие водоносные горизонты, в том числе сквозь водоупор, и транспирация [9].

По данным [17] в условиях, близких к естественным, воды четвертичных отложений были пресные с минерализацией до 1,0 г/дм³, имели преимущественно гидрокарбонатный и сульфатно-гидрокарбонатный состав. Результаты современных исследований показывают, что техногенез незначительно повысил минерализацию грунтовых вод. Вне города наиболее характерными значениями минерализации являются 0,4–0,8 г/дм³, а в городской черте – 0,6–1,2 г/дм³. Вместе с тем, в городе уже практически не встречаются грунтовые воды гидрокарбонатного состава, а характерна пестрота содержаний макрокомпонентов. Техногенный метаморфизм происходит в последовательном изменении состава вод от сульфатно-гидрокарбонатного к гидрокарбонатно-сульфатному, и затем к смешанному составу с участием хлорид-иона. На участках наибольшего техногенного воздействия встречаются наиболее загрязненные воды хлоридно-сульфатного состава. Содержание сульфатов достигает 500–1000 мг/дм³, а хлоридов – 250–400 мг/дм³. Водородный показатель для грунтовых вод города в целом не отличается от вод с природным фоном и составляет 7,0–8,3. Однако на участках некоторых промышленных предприятий (заводы «Электротяжмаш», подшипниковый) грунтовые воды могут быть значительно подкислены, до pH 5,5–5,0. Типичным показателем общего загрязнения для грунтовых вод является присутствие нитрат-иона в количестве от 5–10 мг/дм³ и выше. В большинстве случаев, предельно-допустимая концентрация NO₃⁻ (50 мг/дм³ – [4]) превышена в 2–4 раз. Часто это сопровождается повышенным содержанием NH₄⁺ и NO₂⁻, что указывает на бытовые источники загрязнения соединениями азота. В почвах и грунтах зоны аэрации, грунтовых водах, азотсодержащие соединения претерпевают изменения в последовательности NH₄⁺ → NO₂⁻ → NO₃⁻. Конечный продукт – нитраты весьма растворимы, и хорошо мигрируют, поэтому, в общем случае, наличие их в подземных водах свидетельствует об относительно недавнем загрязнении, т.е. практически – указывает на постоянное привнесение азотистых соединений в селитебных зонах [17].

Практически наиболее мощный и повсеместный источник азотистых соединений – негерметичные канализационные системы. Также, значительными источниками загрязнения являются не канализованные подворья на окраинах города, кладбища и несанкционированные свалки бытового мусора. Подтверждением повсеместного загрязнения грунтовых вод нитратами является неприродное содержание этого компонента (8–20 и более мг/дм³) в родниковых водах Харькова [5, 16].

В количественном отношении питание грунтовых вод обеспечивается в основном за счет утечек из водопроводных сетей. По данным ОАО «УкркоммунНИИпроект» только

нормативные потери из сетей водопровода составляют 100 тыс.м³/сутки, из-за изношенности, фактически, утечки из сетей превышают нормативные в 2–3 раза, что связано с частыми авариями [15]. Начиная с начала 90-х годов коммунальное предприятие «Харьковкоммунпромвод» в связи с недостаточным финансированием не производило систематической замены изношенных сетей общесплавной канализации, а работало в основном в аварийно-восстановительном режиме, реагируя на порывы напорных водопроводов.

Согласно литературным данным [2], в целом, интенсивность дополнительного инфильтрационного питания на подтопленных территориях Харькова составляет $(0,5...1) \cdot 10^{-3}$ и более м/сут, что превышает естественное инфильтрационное питание грунтовых вод за счет атмосферных осадков $(0,6...2,2) \cdot 10^{-4}$ м/сут) в 2,3–16,7 раз. Таким образом, в пределах города грунтовые воды имеют в большей степени техногенное формирование, нежели естественное.

В ходе геолого-экологических исследований в районе харьковской агломерации [17] было выявлено, что показатель окисляемости для грунтовых вод города (опробованных в колодцах) колеблется в пределах 2,4–15,4 г/дм³, в то время как за городом – соответственно – от 0,1 до 6,3 г/дм³, что указывает на повышенное привнесение органических веществ в пределах города.

По суммарному показателю концентрации ряда токсичных элементов 1 и 2 классов опасности (Al, As, B, Ba, Cd, Co, F, Hg, Li, Mo, Pb, Se, Sr), грунтовые воды являются наиболее загрязненной водной средой гидросферы города [14]. На фоне пригородных территорий с суммарным показателем до 2 и 4 единиц ПДК, установленных для вод хозяйственно-питьевого назначения, территории городских жилых и промышленных секторов характеризуются показателем от 4 до 8 единиц ПДК. В отдельных местах – в районе харьковского тракторного завода, жилого района Новая Бавария, окружной дороги на северо-востоке города, показатель загрязненности достигает 15–25 единиц ПДК. Преобладающими микроэлементами – загрязнителями среди элементов 1 и 2 классов опасности являются Вг и Al. Также, из ряда загрязнителей выделяются Cd, Li, и, в меньшей степени, Ba. Из перечисленных элементов наиболее высокий фон у кадмия, у него же наиболее "широкая география" – этот элемент в значительных концентрациях встречается повсеместно в пределах города. Это, по-видимому, связано с широким применением кадмирования для покрытия металлических изделий, использованием кадмиевых красок и медных изделий. Также, источником кадмия могут быть аэрозоли, образующиеся при сжигании угля, бытового мусора.

Высокая концентрация бериллия обнаружена в грунтовых водах на окраине города в сосновом лесу у Большой Даниловки, а также на небольшой площади у коксохимического завода, железнодорожной станции "Основа" и рядом в пойме р. Уды. Концентрации Be в этих точках составляют от 0,0004 до 0,0008 мг/дм³, что в 2–4 раза превосходит ПДК этого элемента для вод хозяйственно-бытового назначения.

Из элементов 3 и 4 группы токсичности заслуживают внимания железо и марганец, среднее содержание которых в 1,5 раза выше ПДК, при этом предельные концентрации превышены в 45 и 35 % проб соответственно. Содержание других элементов 3–4 группы таких как Cu, Cr, Ni и Zn находится в большинстве случаев в пределах фоновых значений и не превышает ПДК [17].

Основные источники загрязнения тяжелыми металлами подземных вод первых от поверхности водоносных горизонтов – выбросы предприятий, автомобильного транспорта, технологические потери, утечки канализационных и сточных вод, фильтрационные потери из отстойников.

В результате исследований установлено значительное загрязнение грунтовых вод фенолами и нефтепродуктами, особенно в промышленных зонах, в районах с близким стоянием грунтовых вод. Максимальные их концентрации характерны для зимнего периода, когда скорость распада углеводородов заметно снижается по сравнению с

летним периодом. Концентрированное углеводородное загрязнение грунтовых вод и пород зоны аэрации носит локальный характер. Такие участки приурочены к промышленным предприятиям, автозаправочным станциям, нефтехранилищам, местам сброса ливневых вод и т.д. Основные причины загрязнения подземных вод нефтепродуктами – бесконтрольные их потери на территории предприятий [6].

Исследованиями последних лет установлено наличие разнообразных лекарственных препаратов в поверхностных и грунтовых водах района Харькова и северных пригородов, среди которых имеют место и препараты психотропного ряда [1]. Их содержание фиксируется на уровне следов, однако постоянное использование таких вод в питьевых целях потенциально может угрожать здоровью человека в виду возможного аккумулятивного эффекта.

Техногенное загрязнение прослеживают не только в грунтовом горизонте, но и в нижележащем межпластовом горизонте, приуроченном к зоне открытой трещиноватости мергельно-меловых отложений, развитом в долинах рек до глубины 70–80 м. С 1904 до середины 80-х годов этот водоносный горизонт с разной интенсивностью использовался для коммунального (в том числе питьевого) водоснабжения. На ряде городских водозаборов были разведаны и утверждены запасы подземных вод по промышленным категориям. Проблемой их использования в 60-е и 80-е годы была повышенная жесткость воды и повышенное содержание железа, что является следствием органического загрязнения питающего горизонта грунтовых вод [14]. Это стало одной из причин прекращения водоотбора на коммунальных водозаборах. Впоследствии воды мергельно-мелового водоносного горизонта использовались только ведомствами, и, по современным данным, эта вода имеет значительные отклонения от питьевых кондиций по содержанию железа, сульфатов, аммония, величине сухого остатка и общей жесткости (водозаборы харьковской кондитерской фабрики, завода «Свет шахтера», завода шампанских вин и др.). Кроме этого, в каждом конкретном случае имеют место существенно большие фоновых содержания тех или иных микрокомпонентов – фтора, марганца, свинца, хрома, алюминия и др. С учетом того, что мергельно-меловой водоносный горизонт сам по себе не содержит значительных запасов воды, выше приведенное свидетельствует о значительном загрязнении вод питающего водоносного горизонта (грунтовые воды аллювиального горизонта) техногенными веществами.

В связи со снижением водоотбора из мергельно-мелового водоносного горизонта пьезометрические уровни в нем со середины 80-х годов имеют тенденцию к повышению [2]. Это в свою очередь привело к подпору воды в вышележащем аллювиальном горизонте и в 90-х существенно расширило площадь подтопленных земель. Наиболее напряженное положение с подтоплением создано в следующих районах города: Журавлевка, Сортировка, Основа, Новоселовка, Малая Даниловка [10,13].

В создавшихся условиях нарушения сложившегося водного баланса подземной гидросферы Харькова целесообразны прямые воздействия на составляющие этого баланса: увеличение использования загрязненных пресных вод первого межпластового водоносного горизонта для целей технического водоснабжения промышленных предприятий города, уменьшение подачи вод питьевого качества в Харьков из внешних источников за счет: разделения систем водоснабжения предприятий на техническую и хозяйственно-питьевую, использования родниковых вод для технических целей [7], установки квартирных приборов учета расхода воды, замены водопроводных сетей с установкой более емких внутриквартальных водопроводов с подкачкой насосами в дома (что позволит уменьшить давление в сети и сократит утечки при порывах труб).

Выводы

1. В пределах подтопленных участках города грунтовые воды имеют в большей степени техногенное формирование, чем естественное. Основным источником дополнительного питания являются утечки из водонесущих коммуникаций.

2. Грунтовые воды г. Харькова загрязнены тяжелыми металлами, нефтепродуктами, азотистыми соединениями, содержат остатки лекарственных препаратов, поэтому колодезные, родниковые воды и воды первого межпластового водоносного горизонта, залегающие на глубине до 80 м не могут использоваться для хозяйственно-бытовых и питьевых целей без очистки.

1. Виставна Ю.Ю., Руско Ю.О. Фармацевтичні речовини у природних водах: моніторинг та екологічний ризик. //Комунальне господарство міст. – Вип. 97. – Сер.:Технічні науки та архітектура. – Харків, 2011. – С.134–140.

2. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: Водообмен в нарушенных условиях / Шестопалов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И. и др.; АН УССР. Ин-т геол-х наук. – Киев: Наукова думка, 1991. –528 с.

3. Городская среда Харькова: географический анализ загрязнения, самоочищение земель, возможные влияния на здоровье / Под ред. И.Г. Черванева. – Харьков: Издательство ХГУ, 1994. – 81 с.

4. Державні санітарні правила і норми «Гігієнічні вимоги до питної води, призначеної для споживання людиною» ДСанПін 2.2.4-171-10 – 2010.

5. Дмитренко Т.В., Костенко Н.В., Яковлев В.В. Экологические аспекты использования родниковых вод урбанизированных территорий для питьевого водоснабжения (на примере г. Харькова) // Науковий вісник будівництва. – Харків. – Вип. 21. – 2003. – С. 209–224.

6. Дмитренко Т.В. Повышение экологической безопасности использования родниковых вод на примере Харьковского региона. – Диссертация на соискание ученой степени кандидата техн.наук. – Харьков, 2005. – 157 с.

7. Дмитренко Т.В., Шараевская Л.А., Яковлев В.В. Результаты исследования родников г. Харькова и перспективы их использования населением // Вестник технического университета “Харьковский политехнический Институт”. – Вып. 3. – 2002. – С. 211–221.

8. Касьянов Г.В., Тихонович А.В. Концепция. Подтопление земель и меры по ликвидации вызванных ими вредных явлений на территории г. Харькова. – Харьков, 1996.

9. Педан В.В., Яковлев В. В. Гидрогеологические условия Харькова / Підтоплення в великих містах України (на прикладі міста Харкова): Український будинок економічних та науково-технічних знань товариства «Знання» України. – Харків–Київ, 1998. – С. 32–39.

10. Свіренко Л.П., Спірін О.І, Яковлев В.В. Підземні води урбанізованих територій та пов’язані з ними проблеми // Коммунал. Хоз-во городов: Науч.-техн. Сб. – Киев: Техніка. – 2001. – Вип. 36. – С. 186–189.

11. Стан підземних вод України, щорічник. / Під ред. С.І Примушко, Т.Д. Білошпаської, В.Ф. Величко. – Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «державний інформаційний геологічний фонд України», 2011. – 31 іл. – 120 с.

12. Экологическая геология Украины: Справ. пособие / Шнюков Е.Ф., Шестопалов В.М., Яковлев Е.А. и др. - Киев: Наук. думка, 1993. – 407 с. (АН Украины, Ин-т геол. наук).

13. Яковлев В.В. Влияние эксплуатации подземных вод на состояние подтопляемости городских территорий / Підтоплення в великих містах України (на прикладі міста Харкова): Український будинок економічних та науково-технічних знань товариства «Знання» України. – Харків–Київ, 1998. – С. 82-85.

14. Яковлев В.В. Питьевое водоснабжение городов на основе отдельного использования подземных вод (на примере г. Харькова). 05.23.04 – водоснабжение, канализация. – Диссертация на соискание ученой степени кандидата техн.наук. –Харьков,

1999. – 195 с.

15. Яковлев В.В., Серикова Е.Н. Дополнительная инфильтрация в подземные воды на территории крупных городов (на примере г. Харькова) // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. Сб. – Вып. 97: Технические науки и архитектура. – Киев: «Техніка», 2011. – С.344–348.

16. Яковлев В.В., Соколов Ю.П., Ибрагимов Р.Б., Костенко Н.В., Шараевская Л.А., Рыбасова А., Слепцов Г.В. Родники Харькова. Отчет по НИР по теме «Родники Харькова». – Северо-Восточный научный центр Национальной Академии наук Украины. – Харьков, 2001.

17. Яковлев В.В., Соколов Ю.П., Мирка Г.Е. и др. Геолого-экологические исследования промышленно-городской агломерации г. Харькова /Листы М-37-61-В, Г и М-37-73-А, Б/. – г. Харьков, 1994. – 243 с.

1. Vystavna Yu, Yu Rusko Pharmaceutical substances in natural waters: monitoring and environmental risk. // Utilities city. - Vol. 97. -Ser.: Engineering and architecture. - Kharkiv, 2011. - P.134-140.

2. The water exchange in the hydrogeological structures of Ukraine: Water exchange in violation of the conditions / Shestopalov V.M., Ognyanik N.S., N.I. Drobnokhod and etc .; Ukrainian Academy of Sciences. Institute of Geological Sciences. - Kiev: Naukova Dumka, 1991. -528 p.

3. Urban Environment Kharkov: geographical analysis of pollution, self-cleaning land, possible health effects / Ed. I.G. Chervaneva. - Kharkov: Publishing of KNU, 1994. - 81 p.

4. State sanitary rules and norms "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption" DSanPin 2.2.4-171-10 - 2010.

5. Dimitrenko T.V., Kostenko N.V., Yakovlev V.V. Environmental aspects of the use of spring water in urban areas for drinking water supply (on example of Kharkiv) // News of construction. - Kharkiv. - Issue. 21. - 2003. - P. 209-224.

6. Dimitrenko T.V. Improving the environmental safety of spring waters on the example of the Kharkov region. - Thesis for a candidate degree in Technical Sciences. - Kharkiv, 2005. - 157 p.

7. Dimitrenko T.V., Sharaevsky L.A., Yakovlev V.V. The study of springs in Kharkov and prospects of their use of the population // Herald of the Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". - Vol. 3. - 2002. - P. 211-221.

8. Kasyanov G.V., A.V. Tihonovich. Concept. Flooding of land and measures to eliminate the harmful effects caused by them in the city of Kharkiv. - Kharkiv, 1996.

9. Pedan V.V., Yakovlev V.V. Hydrological conditions of Kharkov / Flooding in major cities of Ukraine (on the example of Kharkiv), Ukrainian house economic and scientific-technical knowledge society "Knowledge" of Ukraine. - Kharkiv-Kyiv, 1998. - P. 32-39.

10. Svirenko L.P., Spirin A.I., Yakovlev V.V. Groundwater urban areas and associated problems // Economy of cities: Scientific paper. - Kiev: Engineering. - 2001. - Vol. 36. - P. 186-189.

11. Condition of groundwater in Ukraine / Ed. S.I. Prymushko, T. Biloshapskoyi, V.F. Velichko. - Kyiv: State Service of Geology and Mineral Resources of Ukraine, State Scientific Production Enterprise "State Geological Information Fund of Ukraine", 2011. - 31 ill. - 120 p

12. Ecological geology of Ukraine: Rights. Benefit / Shnyukov E.F., Shestopalov V.M., Yakovlev E.A. et al. - Kiev: Naukova Dumka, 1993. - 407 p. (Ukrainian Academy of Sciences, Institute of Geology).

13. V.V. Yakovlev. Effect of exploitation of groundwater in the state of urban areas / Pidtoplennya in great mistah Ukraine (on prikladi mista Kharkova) Óêðà;îñüêêé Budinok ekonomichnih that NAUKOVO-tehnichnih tovaristva knowledge "Knowledge" of Ukraine. - Kharkiv, Kyiv, 1998. - P. 82-85.

14. V.V. Yakovlev. Drinking water supply of cities on the basis of separate groundwater use (on example of Kharkiv). 05.23.04 - Water supply, sewerage. - Thesis for a candidate degree in Technical Sciences. -Kharkiv, 1999. - 195 p.
15. Yakovlev V.V., Serikov E.N. Additional infiltration into groundwater on the territory of large cities (on example of Kharkiv) // Utilities cities: scientific-technical .Vol. 97: Engineering and Architecture. - Kiev: "Tekhnika", 2011. - P.344-348.
16. Yakovlev V.V., Sokolov Yu., Ibragimov R.B., Kostenko N.V., Sharaevsky L.A. Rybasova A. Sleptsov G.V. Springs Kharkov. Report on the research on the topic "Springs Kharkov." - Northeastern Research Center of National Academy of Sciences of Ukraine. - Kharkiv, 2001.
17. Yakovlev V.V., Sokolov Yu, Mirka G.E. et al. Geological and environmental studies of industrial and urban agglomeration of Kharkiv / Sheet M-37-61-C, D and M-37-73-A, B /. - Kharkiv, 1994. - 243 p.

Т.В. Дмитренко, В.В. Яковлев

ТЕХНОГЕНЕЗ ГРУНТОВИХ ВОД НА ПІДТОПЛЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ НА ПРИКЛАДІ ХАРКІВА

На основі даних натурних досліджень, фондових матеріалів і літературних даних розглянуті техногенні зміни ґрунтових вод у великому місті на прикладі м. Харків. Даються рекомендації зі зменшення негативного процесу підтоплення і забруднення ґрунтових вод на забудованих територіях.

T. Dmitrenko, V. Yakovlev

GROUNDWATERS TECHNOGENESIS IN THE UNDERFLOODING TERRITORIES BY EXAMPLE OF KHARKIV

On the basis of the natural researches, fund materials and literature data the technogenic changes of the groundwaters in a large city by example of Kharkiv are considered. The recommendations are given to reduce the negative process of underflooding and groundwater pollution in the built up areas.

УДК 624.131.543, 624.131.056

В.В. ПРИХОДЬКО

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРИ СПУСКАННІ КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА. СТІЙКІСТЬ ГРУНТОВОГО КОМПЛЕКСУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ДО ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ. ПРОГНОЗ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

При вивченні спеціальних питань застосовувалися загальноприйняті в інженерній геології, гідрології та географії, екології методи досліджень, а також власні розробки.

При вирішенні поставлених задач були використані методи системного, порівняльного і факторного аналізу математичної статистики. У роботі використані матеріали особистих досліджень та літературні джерела, що відносяться до досліджуваних питань. Вирішені задачі: проаналізовано і класифіковано основні чинники формування зсувних ЕГП досліджуваних територій; вивчено природні та антропогенні складові зсувних процесів; визначено сучасний режим зсувних процесів для встановлення закономірностей розвитку та динаміки, систематизовані та класифіковані дані досліджень.

Головною метою цієї роботи є дослідження зсувонебезпечних геологічних процесів, які найбільш поширені серед інших екзогенних геологічних процесів Середнього Придніпров'я (на прикладі Черкаської області). Для досягнення зазначеної мети роботи були поставлені наступні задачі: вивчення стану зсувних ділянок, визначення основних причин активізації, прогноз поведінки і обґрунтування заходів боротьби та захист від небезпечних екзогенних геологічних процесів природних та техногенних територій. Дослідження велось за стандартними методиками. Поводився аналіз основних інженерно-геологічних, гідрологічних, механічних, хімічних, біологічних та радіаційних характеристик, необхідних для прогнозування стану екосистеми в цілому.

Створення великих гідротехнічних споруд, пов'язане з необхідністю раціонального використання водних ресурсів, обумовило виникнення неприродних водоймищ – водосховищ. Водосховища за своїми геоморфологічними, гідрологічними, гідрохімічними, гідробіологічними та гідрорадіоекологічними (особливо після трагедії 26 квітня 1986 р.) характеристиками значно відрізняються від природних водних об'єктів, існування котрих нараховує чисельні роки.

Як відомо, що кожна позитивна дія може нести і негативні наслідки. Так, створення водосховищ вплинуло на стійкість ґрунтового комплексу схилів Дніпра та активізацію зсувних процесів, змінило раніше існуючі життєві умови річки, збільшило можливість до небезпечного для водної екосистеми антропогенного впливу та зменшило придатність водного об'єкту до самоочищення.

Київське водосховище, на якому акцентується увага, було заповнено до НПГ 1965 р. (основні гідротехнічні характеристики в табл. 1) і є першим водоймищем по руслу річки серед водосховищ дніпровського каскаду.

Шар мулу Київського водосховища захищає від ефекту капілярного підняття води в порах ґрунтового комплексу схилів Дніпра, що зменшує можливість активізації зсувів.

Акумуляційна здатність водосховища, слугувала тим надійним захистом, котрий зберіг здоров'я та життя мільйонам мешканців Придніпров'я, після трагічної події на Чорнобильській АЕС. Радіоактивні пиловидні частки підняті у повітря разом з дощовими масами та від сили тяжіння випали на поверхню водного дзеркала площі водозбору Київського водосховища, де седиментували під впливом гідрологічного режиму водойми

на дно в залежності від геоморфологічних особливостей, своєї щільності та величини часток. На дні водосховища вони трансформувались в донні відклади (піски, піски замулені, мули піщані, мули глинисті) гідробіонтами чи природним покриванням мулонакопичення. Донні відклади на 1986 р. більшістю за прогнозою площею являли мули глинисті (до 50 % фракцій < 0,25 мм), котрі мають малу фільтраційну здатність та желейну масу (верхні 10 см мулу – найактивніші, є рідкою масою, придатною до міграції). Частина радіоактивних часток була перенесена на водозбори інших водосховищ та водних екосистем, де знайшли своє місце під дією сил гравітації та природно-кліматичних умов.

Саме Київське водосховище депонувало більшу частину радіоактивно-забруднених вод та пиловидних часток. З 1986 р. з достатньою ймовірністю ($r = 0,785$), зміни з часом інтенсивності мулонакопичення можна описати рівнянням (Новіков Б.І., 1985 р. []):

$$\Delta h_{сер} = 12,00 / (T + 0,80) + 0,07, \quad (1)$$

де $\Delta h_{сер}$ – середня потужність накопичення товщі мулу в рік, см;

T – час з дня заповнення водосховища до НПГ (для Київського водосховища з 1965 р.), рік

Результати розрахунку зведені до таблиць 2 та 3 (рис. 2–7).

За результатами попередніх розрахунків товща захисту екосистеми для Київського водосховища на 2003 р. не менше 40 см. Вивільнення забруднених мас може спричинятись гідрологічним режимом водойми та гідробіонтами, яким на заваді стають товщі мулу з водно-фізичними, механічними властивостями та гранулометричним складом.

Таким чином проаналізовано небезпеку для життя людей та екологічної системи водоймища від донних відкладів.

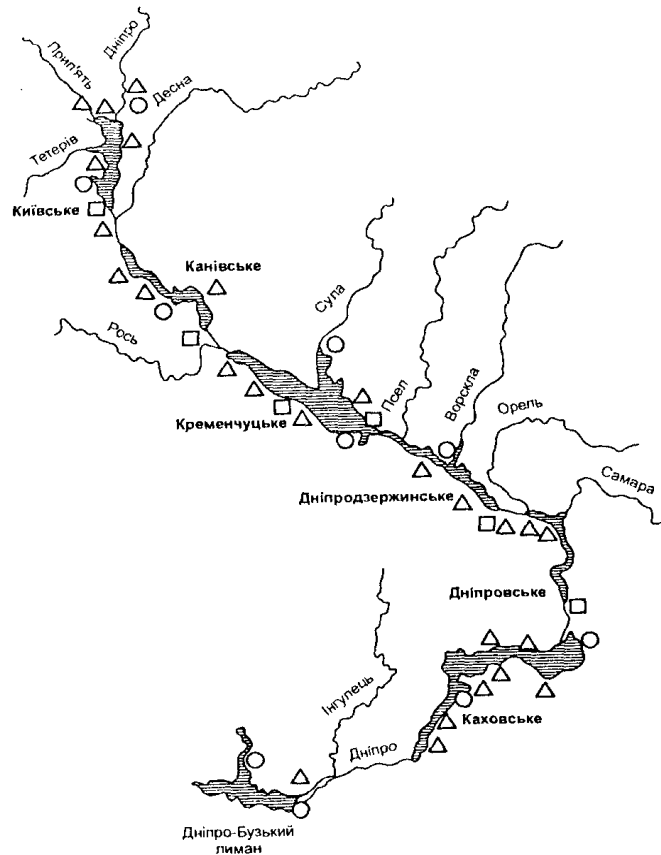
Але існують фізичні, хімічні, біологічні складові донних відкладів, стан котрих може перевищувати гранично-допускні норми (далі ГДК) та складати забруднення.

Нами зроблено спробу проаналізувати вплив спускання Київського водосховища в комплексі існування природного середовища на безпеку життєдіяльності людей та екологічну систему в цілому. Структурно-логічна схема (табл. 4) та аналіз існування екосистеми (табл. 5) цілком відображають межі спокійного існування.

Фактично, зроблено спробу створити математичну модель прогнозу стану екосистеми при спрямованих діях до порушення в ній рівноваги.

Таблиця 1. Основні характеристики гідроелектростанцій та водосховищ Дніпровського каскаду (рис. 1).

Характеристика	Гідрозвуз						
	Київський	Київська гідрокмультивна станція (ГАЕС)	Канівський	Кременчуцький	Дніпродзержинський	Дніпровський	Каховський
Основні характеристики водосховищ							
Вид регулювання стоку	Сезонне		Добове і тижневє	Річне з переходом на багаторічне	Добове і тижневє	Добове і тижневє	Річне
Рік введення в експлуатацію	1965		1974	1961	1964	1932, 1951	1956
НПГ, м	130,0		91,5	81,0	64,0	51,4	16,0
ГМО, м	101,5		71,0	75,75	63,0	48,5	12,7
Площа дзеркала при НПГ, км ²	922		581	2250	567	410	2150
Об'єм водосховища, км ³ :							
повний	3,73		2,48	13,52	2,46	3,32	18,18
корисний	1,17		0,28	8,97	0,53	0,85	6,78
Середній багаторічний стік річки у створі греблі, км ³ /рік	33,1		43,9	47,8	52,0	52,2	52,2
Розрахункове випаровування, км ³ /рік	0,23		0,20	0,81	0,31	0,27	1,70
Основні характеристики гідроелектростанцій							
Тип ГЕС	Руслова	Дериваційна	Руслова	Руслова	Руслова	Пригребельна	Руслова
Рік пуску агрегатів:							
першого	1965	1970	1972	1959	1963	1932	1955
останнього	1968	1972	1975	1960	1964	1978	1956
Встановлена потужність, тис.кВт	361	225	444	625	352	1491	351
Виробіток електроенергії за затвердженими проектами, млн.кВт год/рік	635	112	823	1506	1250	3640	1420
Розрахунковий напір (нетто), м	7,7	65,0	7,3	13,6	9,8	34,3	13,8
Максимальна витрата (через турбіни), м ³ /с	5600	400	7300	5400	4200	5000	2600
Коливання рівня нижнього б'єфу за рахунок добового регулювання потужності ГЕС, м	2,0-3,0	0,0	2,0-5,0	1,5-2,4	1,4-3,2	1,1-4,0	0,6-1,1
Стік через турбіни, % середнього багаторічного природного стоку річки	96		96	95	91	94	87



Умовні позначення:

- - пункти спостережень за рівнем води ДАГ К "ДніпроГідроЕнерго";
- △ - гідрологічні пости Гідрометеослужби;
- - пункти спостережень Інституту рибного господарства УААН.

Рис. 1. Дніпровський каскад водосховищ

Таблиця 2. Середня потужність мулонакопичення дніпровських водосховищ

$\Delta h_{сер} = 12,00/(T+0,80) + 0,07,$

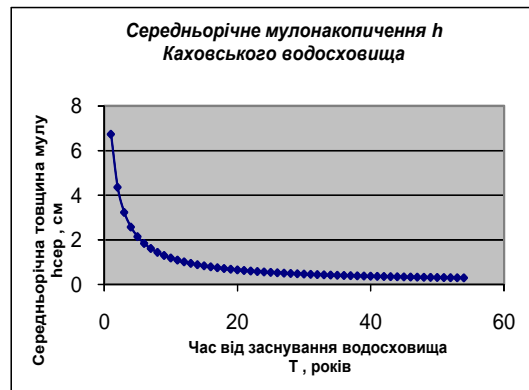
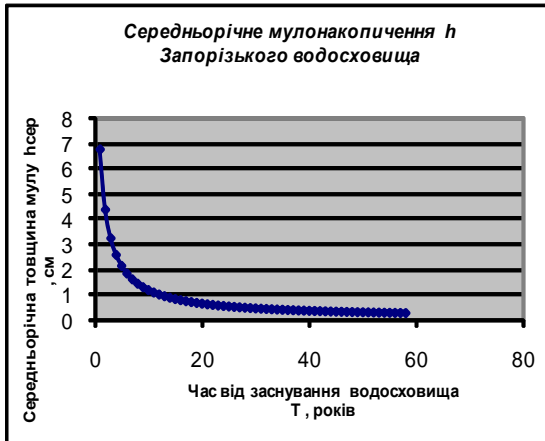
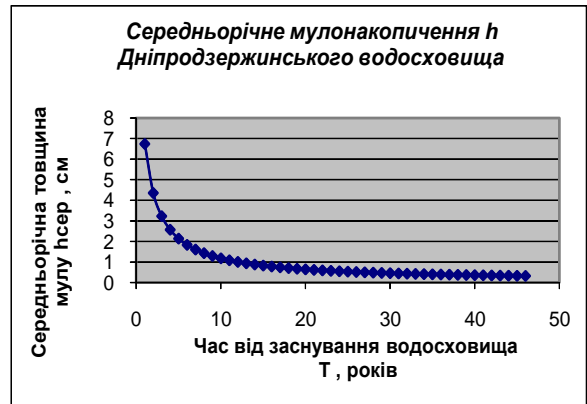
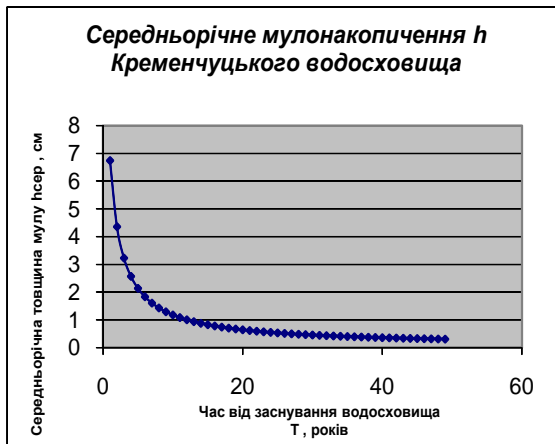
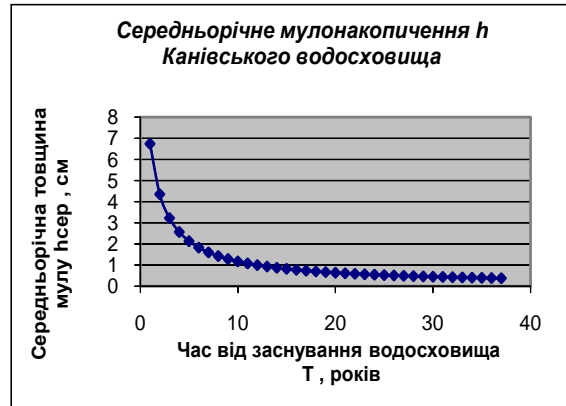
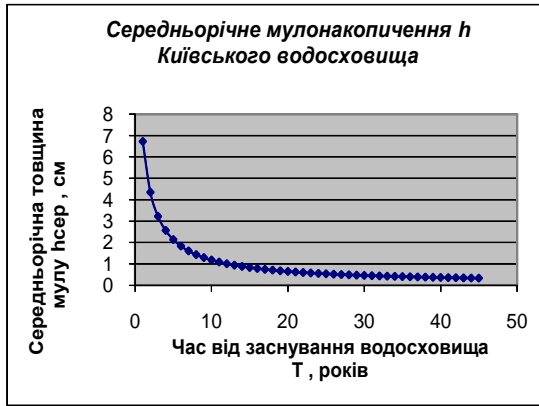
де $\Delta h_{сер}$ – середня потужність накопичення товщі мулу в рік, см; T – час з дня заповнення водосховища до НПГ (Новіков Б.І., 1985 р. [])

№		Київське		Канівське		Кременчуцьке		Дніпродзержинське		Запорізьке *		Каховське	
		T	$\Delta h_{сер}$	T	$\Delta h_{сер}$	T	$\Delta h_{сер}$	T	$\Delta h_{сер}$	T	$\Delta h_{сер}$	T	$\Delta h_{сер}$
1	1951									1	6,7366667		
2	1952									2	4,3557143		
3	1953									3	3,2278947		
4	1954									4	2,57		
5	1956									5	2,1389655	1	6,7366667
6	1957									6	1,8347059	2	4,3557143
7	1958									7	1,6084615	3	3,2278947
8	1957									8	1,4336364	4	2,57
9	1960									9	1,2944898	5	2,1389655
10	1961					1	6,736667			10	1,1811111	6	1,8347059
11	1962					2	4,355714			11	1,0869492	7	1,6084615
12	1963					3	3,227895			12	1,0075	8	1,4336364
13	1964					4	2,57	1	6,7366667	13	0,9395652	9	1,2944898
14	1965	1	6,736667			5	2,138966	2	4,3557143	14	0,8808108	10	1,1811111
15	1966	2	4,355714			6	1,834706	3	3,2278947	15	0,8294937	11	1,0869492
16	1967	3	3,227895			7	1,608462	4	2,57	16	0,7842857	12	1,0075
17	1968	4	2,57			8	1,433636	5	2,1389655	17	0,7441573	13	0,9395652
18	1970	5	2,138966			9	1,29449	6	1,8347059	18	0,7082979	14	0,8808108
19	1971	6	1,834706			10	1,181111	7	1,6084615	19	0,6760606	15	0,8294937
20	1972	7	1,608462			11	1,086949	8	1,4336364	20	0,6469231	16	0,7842857
21	1972	8	1,433636			12	1,0075	9	1,2944898	21	0,6204587	17	0,7441573
22	1974	9	1,29449	1	6,736667	13	0,939565	10	1,1811111	22	0,5963158	18	0,7082979
23	1975	10	1,181111	2	4,355714	14	0,880811	11	1,0869492	23	0,5742017	19	0,6760606
24	1976	11	1,086949	3	3,227895	15	0,829494	12	1,0075	24	0,553871	20	0,6469231
25	1977	12	1,0075	4	2,57	16	0,784286	13	0,9395652	25	0,5351163	21	0,6204587
26	1978	13	0,939565	5	2,138966	17	0,744157	14	0,8808108	26	0,5177612	22	0,5963158
27	1979	14	0,880811	6	1,834706	18	0,708298	15	0,8294937	27	0,5016547	23	0,5742017
28	1980	15	0,829494	7	1,608462	19	0,676061	16	0,7842857	28	0,4866667	24	0,553871
29	1981	16	0,784286	8	1,433636	20	0,646923	17	0,7441573	29	0,4726846	25	0,5351163
30	1982	17	0,744157	9	1,29449	21	0,620459	18	0,7082979	30	0,4596104	26	0,5177612
31	1983	18	0,708298	10	1,181111	22	0,596316	19	0,6760606	31	0,4473585	27	0,5016547
32	1984	19	0,676061	11	1,086949	23	0,574202	20	0,6469231	32	0,4358537	28	0,4866667
33	1985	20	0,646923	12	1,0075	24	0,553871	21	0,6204587	33	0,4250296	29	0,4726846
34	1986	21	0,620459	13	0,939565	25	0,535116	22	0,5963158	34	0,4148276	30	0,4596104

35	1987	22	0,596316	14	0,880811	26	0,517761	23	0,5742017	35	0,4051955	31	0,4473585
36	1988	23	0,574202	15	0,829494	27	0,501655	24	0,553871	36	0,396087	32	0,4358537
37	1989	24	0,553871	16	0,784286	28	0,486667	25	0,5351163	37	0,3874603	33	0,4250296
38	1990	24	0,535116	17	0,744157	29	0,472685	26	0,5177612	38	0,3792784	34	0,4148276
39	1991	26	0,517761	18	0,708298	30	0,45961	27	0,5016547	39	0,3715075	35	0,4051955
40	1992	27	0,501655	19	0,676061	31	0,447358	28	0,4866667	40	0,3641176	36	0,3960877
41	1993	28	0,486667	20	0,646923	32	0,435854	29	0,4726846	41	0,3570813	37	0,3874603
42	1994	29	0,472685	21	0,620459	33	0,42503	30	0,4596104	42	0,3503738	38	0,3792784
43	1995	30	0,45961	22	0,596316	34	0,414828	31	0,4473585	43	0,3439726	39	0,3715075
44	1996	31	0,447358	23	0,574202	35	0,405196	32	0,4358537	44	0,3378571	40	0,3641176
45	1997	32	0,435854	24	0,553871	36	0,396087	33	0,4250296	45	0,3320087	41	0,3570813
46	1998	33	0,42503	25	0,535116	37	0,38746	34	0,4148276	46	0,3264103	42	0,3503738
47	1999	34	0,414828	26	0,517761	38	0,379278	35	0,4051955	47	0,321046	43	0,3439726
48	2000	35	0,405196	27	0,501655	39	0,371508	36	0,396087	48	0,3159016	44	0,3378571
49	2001	36	0,396087	28	0,486667	40	0,364118	37	0,3874603	49	0,3109639	45	0,3320087
50	2002	37	0,38746	29	0,472685	41	0,357081	38	0,3792784	50	0,3062205	46	0,3264103
51	2003	38	0,379278	30	0,45961	42	0,350374	39	0,3715075	51	0,3016602	47	0,321046
52	2004	39	0,371508	31	0,447358	43	0,343973	40	0,3641176	52	0,2972727	48	0,3159016
53	2005	40	0,364118	32	0,435854	44	0,337857	41	0,3570813	53	0,2930483	49	0,3109639
54	2006	41	0,357081	33	0,42503	45	0,332009	42	0,3503738	54	0,2889781	50	0,3062205
55	2007	42	0,350374	34	0,414828	46	0,32641	43	0,3439726	55	0,2850538	51	0,3016602
56	2008	43	0,343973	35	0,405196	47	0,321046	44	0,3378571	56	0,2812676	52	0,2972727
57	2009	44	0,337857	36	0,396087	48	0,315902	45	0,3320087	57	0,2776125	53	0,2930483
58	2010	45	0,332009	37	0,38746	49	0,310964	46	0,3264103	58	0,2740816	54	0,2889781
Потужність 1986 р.	Сума	21	35,30615	13	29,41566	25	37,56565	22	35,90246	34	41,72710	30	40,00403
Потужність 2004 р.	Сума	38	43,66551	30	40,4514	42	45,0823	39	44,0307	51	47,93151	47	46,71659
Потужність 2010 р.	Сума	45	45,75204	37	42,91584	49	47,02636	46	46,07845	58	49,63156	54	48,51354
h2004 - h1986	За 18 р.		8,35935		11,03574		7,51665		8,12824		6,20441		6,71256
h2010 - h2004	За 6 р.		2,08654		2,46444		1,94406		2,04775		1,70005		1,79695

* Результати розрахунків з достатньою імовірністю ($r = 0,785$) залежності (1) не підкоряються середньорічній інтенсивності мулонакопичення в Запорізькому водосховищі. Можна припускати, що це пов'язано з геоморфологічними особливостями ложа водойми, особливо із-за великих глибин. Але не потрібно забувати про зміни в режимі експлуатації Запорізького водосховища.

Таблиця 3. Залежність інтенсивності мулонакопичення від строку існування водосховищ.



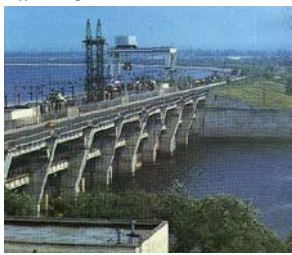

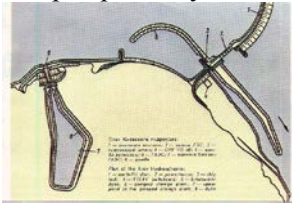
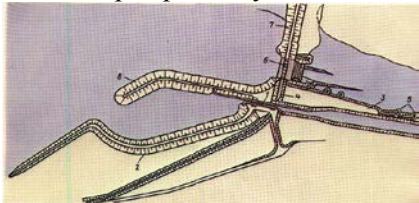
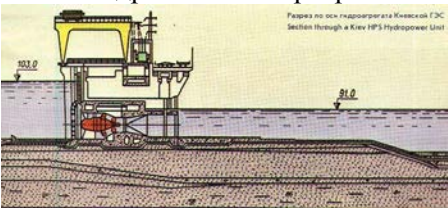
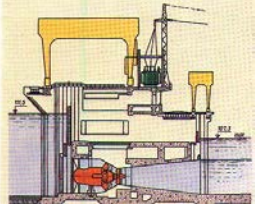
Аналіз. Частина речовини, що знаходиться у водній масі, пересувається за траєкторією, приближення котрої до дна визначається сумарною дією сили тяжіння та вертикальної складової, пов'язаної зі швидкістю руху водної маси. При цьому частки різних розмірів при визначених швидкостях переміщення знаходяться в стані зависання. Горизонтальна швидкість потоку, при якій не відбувається седиментація, описується

$$v = 1g \frac{8,8H}{k_1} \sqrt{\frac{2g(\rho_1 - \rho)k}{1,75\gamma}}$$

рівнянням

де Н – глибина, м; K_1, K – величина (діаметр) відповідно осаджених та завислих часток; γ_1, γ – щільність відповідно часток та води, g/cm^3 , g – швидкість вільного падіння, cm/s^2 .

Таблиця 4. Структурна логічна схема розвитку подій та аналіз режиму протікання

№	Описання об'єкту	Карта об'єкту дослідження																																																																																
1	<p>Київське водосховище</p> <p>Велика гідротехнічна споруда об'ємом 3,73 км³. Введена в експлуатацію після заповнення до НПГ в 1965 р.</p> <p>Київська ГЕС розміщена вище гирла р. Десна. Ширина долини в створі гідровузла – 8 км. Корінні породи в основі споруд дрібнозернисті піски, підстелені мергелями. Середня багаторічна витрата в створі гідровузла 1080 м³/с. Довжина напірного фронту гідровузла 41,2 км. Розрахункова максимальна витрата через споруди гідровузла 14400 м³/с.</p> <p>Напір максимальний 12 м, напір розрахунковий 7,7 м.</p>	<p>Розподіл донних відкладів на 1978 р.</p>	<p>Прогноз розподілу донних відкладів на 2010 р.</p>	<p>Де</p> <ul style="list-style-type: none"> пісок пісок замулений мул піщанистий мул глинистий рисувати поверхні ґрунти 																																																																														
2	<p>Київська ГЕС</p> 	<p>В режимі спуску водосховища, незалежно від режиму, порушиться структура забрудненого мулу, особливо верхній активний шар 10–15 см, та зависла частина пройде через споруди гідровузла. Для режиму час седиментації часток</p> <p>$t = 0,0112 K_T (H_g/d_i)$, сек</p> <p>де K_T – температурний коефіцієнт $K_T = 1,53 - 0,025T$</p> <p>H_g – глибина, d_i – діаметр частки</p>	<p>Канівська ГЕС</p> 																																																																															
3	<p>Карта розташування</p> 	<p>В режимі втрати стійкості інженерних споруд Київської ГЕС, ситуація вийде із під контролю, переріз водного потоку буде глибиною 25 м (Н – 12м + глибина нижнього б'єфу) та шириною 200 м (20 турбін), напір 12 м Київського водосховища., враховуючи геоморфологію з дзеркалом поверхні (за НПГ) 922 км² вивільнить $\approx 2,766$ км³ води. Зі швидкістю м/с, за годину.</p>	<p>Карта розташування</p> 																																																																															
4	<p>Гідротехнічний розріз</p> 	<p>За гідротехнічними розрізами є можливість проаналізувати нинішній режим впливу Київської ГЕС на міграцію складових донних відкладів. Шляхи міграції через всі отвори гідровузла (турбінні тракти, водозливи, через шлюзування). При порушенні стану через отвори гідровузла Канівської ГЕС.</p>	<p>Гідротехнічний розріз</p> 																																																																															
5	<p>Тип відкладів</p>	<p>Фізичні властивості</p>	<p>Водні властивості</p>	<p>Механічні властивості</p>	<p>Де γ – середня щільність, g/m^3</p> <p>δ – об'ємна маса скелету, g/m^3</p> <p>w – природна волога, %</p> <p>МВ – максим. молекул. вологоєм., %</p> <p>ϕ – кут внутр. тертя, град</p> <p>C – зчеплення, МПа</p> <p>E_C – модуль зчеплення, МПа</p> <p>E_S – модуль зрушення, МПа</p>																																																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Тип відкладів</th> <th>γ</th> <th>δ</th> <th>w</th> <th>МВ</th> <th>ϕ</th> <th>C</th> <th>E_C</th> <th>E_S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Пісок</td> <td>2,65</td> <td>1,63</td> <td>17</td> <td>1,0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Пісок замулений</td> <td>2,61</td> <td>1,31</td> <td>30</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Мул піщанистий</td> <td>2,58</td> <td>0,68</td> <td>77</td> <td>23,4</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Мул глинистий</td> <td>2,51</td> <td>0,55</td> <td>95</td> <td>28,4</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Тип відкладів	γ	δ	w	МВ	ϕ	C	E_C	E_S	Пісок	2,65	1,63	17	1,0	-	-	-	-	Пісок замулений	2,61	1,31	30	-	-	-	-	-	Мул піщанистий	2,58	0,68	77	23,4	-	-	-	-	Мул глинистий	2,51	0,55	95	28,4	-	-	-	-	<p>Гранулометричний склад (1979)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Фракція, мм</th> <th>Пісок</th> <th>Пісок замулений</th> <th>Мул піщанистий</th> <th>Мул глинистий</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,25</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>0,075</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>0,025</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>0,0075</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>0,0025</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	Фракція, мм	Пісок	Пісок замулений	Мул піщанистий	Мул глинистий	0,25	100	100	100	100	0,075	100	100	100	100	0,025	100	100	100	100	0,0075	100	100	100	100	0,0025	100	100	100	100	<p>Радіоактивність</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Цезій-137</th> <th>Стронцій-90</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Цезій-137	Стронцій-90	0	0
Тип відкладів	γ	δ	w	МВ	ϕ	C	E_C	E_S																																																																										
Пісок	2,65	1,63	17	1,0	-	-	-	-																																																																										
Пісок замулений	2,61	1,31	30	-	-	-	-	-																																																																										
Мул піщанистий	2,58	0,68	77	23,4	-	-	-	-																																																																										
Мул глинистий	2,51	0,55	95	28,4	-	-	-	-																																																																										
Фракція, мм	Пісок	Пісок замулений	Мул піщанистий	Мул глинистий																																																																														
0,25	100	100	100	100																																																																														
0,075	100	100	100	100																																																																														
0,025	100	100	100	100																																																																														
0,0075	100	100	100	100																																																																														
0,0025	100	100	100	100																																																																														
Цезій-137	Стронцій-90																																																																																	
0	0																																																																																	

	3-2	0,3 %	–	2,8 %	0	0,09–0,36 Бк/л	0,08–0,25 Бк/л
	2-1	2,1	0,8 %	0,5	0,1 %	Валовий хімічний склад	
	1-0,5	4,9	4,9	2,2	2,5	Fe ₂ O ₃	0,94·10 ⁶ т
	0,5-0,25	39,6	22,9	10,2	1,3	FO	0,21·10 ⁶ т
	0,25-0,10	45,3	41,5	29,0	2,4	CaO	0,43·10 ⁶ т
	0,10-0,05	7,2	21,1	16,2	11,2	MgO	0,18·10 ⁶ т
	0,05-0,01	0,5	3,5	14,3	34,2	C _{орг}	0,19·10 ⁶ т
	0,01-0,005	-	-	-	-	N _{общ}	0,16·10 ⁶ т
	0,005-0,001	-	-	-	-	P ₂ O ₅	0,06·10 ⁶ т
	Менш 0,001	-	-	-	-	Маса мулу 23,19·10⁶	
	Вміст органічних речовин ППП (при випалюванні) 1,29·10⁶ т					Т	
	(за дослідженнями 1977–1979 р.р.)						
6	<p>Режим спуску Київського водосховища призведе до змін гідрологічного режиму (стане більша проточність), пониження рівня води (оголить прибережні донні відклади в залежності від геоморфології), оголення забруднених товщ мулу, змивання з дощем та талими водами, вивітрювання та випаровування забруднень, переміщення останніх на прилеглі території.</p> <p>Режим втрати стійкості гідротехнічних споруд призведе до вивільнення з певною швидкістю (максимальний напір 12 м – різниця висот рівнів води водосховищ) великих об'ємів води, затоплення територій, загрози життю людей, створить вихрові непередбачувані турбулентні гідродинамічні процеси, що вплине на стійкість донних відкладів та перенесе забруднення по річковій сітці (за м. Києвом до м. Ново-Українка донні відклади Канівського водосховища легкофільтраційні піски), що завдасть ще більшої небезпеки ніж спуск водосховища. Правий берег крутий, лівий пологий. Густанаселений індустріальний правий берег не зазнає великого лиха.</p>						

Таблиця 5. Комплексна математична модель існування екосистеми

Дії до порушення рівноваги екологічної системи																
Спуск Київського водосховища								Втрата стійкості гідротехнічних споруд ГЕС								
Об'єкт дослідження: Київське водосховище та прилеглі території																
Предмет дослідження: життєдіяльність екосистеми																
Природні градації стійкості екосистеми																
Водні маси				Ґрунтові маси				Повітряні маси				Біологічні маси				
X1 – об'ємна стійкість та безпека життєдіяльності водних мас				X2 – об'ємна стійкість та безпека життєдіяльності ґрунтових мас				X3 – об'ємна стійкість та безпека життєдіяльності повітряних мас				X4 - Живі організми, Об'ємна стійкість та безпека життєдіяльності біологічних мас				
Фізичні складові	Хімічні складові	Біологічні складові	Радіоакт. складові	Ф скл.	Х скл.	Б скл.	Р скл.	Ф скл.	Х скл.	Б скл.	Р скл.	Ф скл.	Х скл.	Б скл.	Р скл.	
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																

	$\rho_{ФВ}$	$\rho_{ХВ}$	$\rho_{БВ}$	$\rho_{РВ}$	$\rho_{ФГ}$	$\rho_{ХГ}$	$\rho_{БГ}$	$\rho_{РГ}$	$\rho_{ФП}$	$\rho_{ХП}$	$\rho_{БП}$	$\rho_{РП}$	$\rho_{ФБ}$	$\rho_{ХБ}$	$\rho_{ББ}$	$\rho_{РБ}$
	Кліматичні умови. Динаміка. Картографування															
Нестійкість екосистеми об'ємна	Математичне моделювання												Стійкість екосистеми об'ємна			
Опис													Опис			
Формула $He_i = H \cdot S = m / \rho$, m^3 $He_i = (f/l) \cdot a / \rho_r$ межі інтегралу (від ГДК до Сі) Н – висота, м S – площа розподілу, m^2 Сі – концентрація речовини, $г/м^3$ ρ_r – густина, $г/м^3$ l – довжина, м													Формула $C_i = H \cdot S = m / \rho$, m^3 $C_i = (f/l) \cdot a / \rho_r$ межі інтегралу (від 0 (або Сі) до ГДК) Н – висота, м S – площа розподілу, m^2 Сі – концентрація речовини, $г/м^3$ ρ_r – густина, $г/м^3$ l – довжина, м			
Фізична нестійкість	He_f		$Kst_f = He_f / C_f \geq 1$		C_f								Фізична стійкість			
Хімічна нестійкість	He_h		$Kst_h = He_h / C_h \geq 1$		C_h								Хімічна стійкість			
Біологічна нестійкість	He_b		$Kst_b = He_b / C_b \geq 1$		C_b								Біологічна стійкість			
Радіоактивна нестійкість	He_r		$Kst_r = He_r / C_r \geq 1$		C_r								Радіоактивна стійкість			
	Комплексна математична модель існування екосистеми															
Щільність протікання процесів $\rho_{Fi} = \sum \rho_{Fin} / n$ $\rho_{Xi} = \sum \rho_{Xin} / n$ $\rho_{Bi} = \sum \rho_{Bin} / n$ $\rho_{Pi} = \sum \rho_{Pin} / n$ де ρ_{Fin} , ρ_{Xin} , ρ_{Bin} , ρ_{Pin} – умови протікання процесів екосистеми (показники стану, таблиця природ. градації стійкості).	$\rho_{ФВ} \cdot X_1 + \rho_{ФГ} \cdot X_2 + \rho_{ФП} \cdot X_3 + \rho_{ФБ} \cdot X_4 = C_f - He_f$ $\rho_{ХВ} \cdot X_1 + \rho_{ХГ} \cdot X_2 + \rho_{ХП} \cdot X_3 + \rho_{ХБ} \cdot X_4 = C_h - He_h$ $\rho_{БВ} \cdot X_1 + \rho_{БГ} \cdot X_2 + \rho_{БП} \cdot X_3 + \rho_{ББ} \cdot X_4 = C_b - He_b$ $\rho_{РВ} \cdot X_1 + \rho_{РГ} \cdot X_2 + \rho_{РП} \cdot X_3 + \rho_{РБ} \cdot X_4 = C_r - He_r$ система рівнянь з чотирма невідомими об'ємами мас екологічної стійкості (чи не) та безпечних (чи ні) для життя людей та живих організмів Безпечний об'єм екосистеми $V = X_1 + X_2 + X_3 + X_4$												$\rho_{ФВ}$, $\rho_{ФГ}$, $\rho_{ФП}$, $\rho_{ФБ}$ - середня щільність протікання фізичних процесів (у водних, ґрунтових, повітряних, біологічних масах – відповідно), безрозмірний $\rho_{ХВ}$, $\rho_{ХГ}$, $\rho_{ХП}$, $\rho_{ХБ}$ - хімічних $\rho_{БВ}$, $\rho_{БГ}$, $\rho_{БП}$, $\rho_{ББ}$ - біологічних $\rho_{РВ}$, $\rho_{РГ}$, $\rho_{РП}$, $\rho_{РБ}$ - радіоактивних або ρ_{Fi} , ρ_{Xi} , ρ_{Bi} , ρ_{Pi} , де i – маси			
Прогноз нерівноваги	Результати		Аналіз		Висновки								Прогноз рівноваги			
	X1 =		маси придатні (чи ні)													
	X2 =		маси придатні (чи ні)													
	X3 =		маси придатні (чи ні)													
	X4 =		маси придатні (чи ні)													
Мінімальний ступінь екологічної небезпеки можна оцінити, розв'язавши транспортну задачу лінійного програмування, або задачу геометричного нелінійного програмування, з вірною постановкою умов задач.																

Не потрібно робити складних розрахунків, щоб сказати, що спускання Київського водосховища порушить й до того кризову екологічну рівновагу екосистеми в бік небезпеки для життєдіяльності людей та природного навколишнього середовища.

Тому найгірший напрямок подій це наше неусвідомлення дій у розвитку екологічної ситуації та підтримка розвитку піарних інформаційних технологій. Є велика необхідність в інформаційно-аналітичній роботі підкріпленої польовими експедиційними напрацюваннями.

Висновки

1. Не потрібно доводити, що Київське водосховище із-за низької проточності є акумулятором фізичних, хімічних, біологічних та радіоактивних (після аварії) складових природних та антропогенних об'ємів.

2. Результати розрахунку математичної моделі можуть свідчити про несприятливі наслідки неупереджених дій зі спускання Київського водосховища.

3. Радіоактивні складові на 2008 р. знаходяться під товщею низько-фільтраційного мулу $H = \text{см}$.

4. Спускання Київського водосховища та втрата стійкості гідротехнічних споруд Київської ГЕС, призведуть до екологічної нерівноваги в бік небезпеки для життєдіяльності людей та навколишнього природного середовища на великі площі та довгі роки, що становить передумови про створення перешкод цим діям.

5. Також спускання Київського водосховища може призвести до активізації зсувів на схилах Дніпра, що є небажаним кроком.

1. Яцик В.М. Щодо спуску Київського водосховища. Київ, 2002. – 51 с.
2. Новиков Б.И. Донные отложения днепровских водохранилищ. – Киев: Наук. думка, 1985. – 172 с.
3. Рудько Г.І. Инженерная геоморфология (основные проблемы и направления). – М., 1989. – 356 с.
4. Рудько Г.І. Наукові та методичні основи моніторингу геологічного середовища (інженерно-геодинамічні аспекти) // Шляхи вивчення взаємопов'язаних проблем природного середовища. – Львів, – 1995. – 238 с.
5. Рудько Г.І. Концептуально-нормативні моделі, стратегія, тактика та технологія керованого контролю в рамках природотехногенних систем "Людина геоморфосфера" // Основні напрями забезпечення безпеки населення та стійкості функціонування господарства України при загрозі виникнення природних та техногенних катастроф: Матеріали наук.-техн. конф., м. Київ, 10–12 грудня 1996 р. – Ч.1.– Київ, 1997. – С. 49–51.
6. Рудько Г.І., Лущик А.В., Шwirло Н.И. Основы мониторинга геологической среды в районах интенсивной хозяйственной деятельности // Основні напрями забезпечення безпеки населення та стійкості функціонування господарства України при загрозі виникнення природних та техногенних катастроф: Матеріали наук.-техн. конф., м. Київ, 10–12 грудня 1996 р. – Ч.1. – Київ, 1997. – С. 142–144.
7. Рудько Г.І. Еколого-геологічна експертиза умов будівництва гідроенергетичних комплексів Карпатського регіону // Тези доп. Конференції "Актуальні проблеми екогеології України", м. Київ, 24–25 квітня 1997 р. – Київ, 1997. – С. 18–19.
8. Барчуков В.І., Рудько Г.І. Екологічний стан геологічного середовища та прогноз техноприродного ризику у м. Львові // Вісн. Укр. будинку екон. та наук.-техн. знань. – Київ, 1998. – № 4. – С. 69–71.
9. Бойчук М.Д., Рудько Г.І. Наукові та методичні аспекти медичних проблем Червоноградсько-Соснівської промислово-міської агломерації. Екологічні аспекти забруднення навколишнього середовища: Тез. доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 26–28 березня 1996 р. – Ч. 1. – Київ, 1996. – С. 35–37.
10. Кучма М.П., Рудько Г.І. Наукові і методичні основи геоекологічних досліджень на прикладі Долинського району Івано-Франківської області // Матеріали міжн. наук.-практ. конф. "Проблеми екологічної безпеки та керованого контролю динамічних природно-техногенних систем (науково-методичні основи, практика, досвід, екологічна освіта)", м. Львів, 24–26 вересня 1996. – Ч.1. – Київ, 1996. – С. 111–113.
11. Денисова А.И., Нахшина Е.П., Новиков Б.И., Рябов А.К. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды. – Киев: Наук. думка, 1987. – 164 с.
12. Крючков А.І. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Еколого-математичні моделі процесів відкритих робіт». – Київ: НТУУ КПІ, 1992. – 36 с.
13. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. – Київ, 2000. – 688 с.
14. Караушев А.В. Речная гидравлика. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 416 с.

1. Yatsyk V.M. As for the discharge of water from the Kiev reservoir. Kyiv, 2002.-51 p.
2. Novikov B.I. The sediments of the Dnieper reservoirs. - Kiev: Naukova Dumka, 1985. - 172 p.

3. Rud'ko G.I. Engineering Geomorphology (main problems and directions). - М., 1989. - 356 p.
4. Rud'ko G.I. Scientific and methodical bases of geological environment monitoring (engineering-geodynamic aspects) // By studying related problems of the environment. - Lviv - 1995. - 238 p.
5. Rud'ko G.I. Conceptually-regulatory model, strategy, tactics and technology controlled under the control of nature and technogenic "Individual and heomorfosfera" // Main directions of public safety and sustainability of the economy of Ukraine to the threat of natural and man-made disasters, scientific-technical materials. Conf., Kyiv, 10-12 December 1996 - V.1.- Kyiv, 1997. - P. 49-51.
6. Rud'ko G.I., Lushchyk A.V., Shvirlo N.I. Based on monitoring of the geological environment in areas of intense economic activity // The main directions of public safety and sustainability of the economy in Ukraine threat of natural and man-made disasters, scientific-technical materials conf., Kyiv, 10-12 December 1996 - Part 1. - Kyiv, 1997. - P. 142-144.
7. Rud'ko G.I. Ecological and geological examination of conditions of construction of hydropower facilities in Carpathian region // Theses. Conference "Actual problems of ecogeology in Ukraine", Kyiv, 24-25 April 1997 - Kyiv, 1997. - P. 18-19.
8. Barchukov V.I., Rud'ko G.I. The ecological condition of the geological environment and weather risk of technogenic, Lviv // Eng. building economical and scientific-technical knowledge. - Kyiv, 1998. - № 4. - P. 69-71.
9. 9. Boychuk M.D., G.I. Rud'ko. Scientific and methodological aspects of medical problems of Chervonogradska and Sosnovska industrial-urban agglomerations. Environmental aspects of environmental pollution: Intern. scientific-practical conf., Kyiv, 26-28 March 1996 - Part 1. - Kyiv, 1996. - P. 35-37.
10. Kuchma M.P., Rud'ko G.I. Scientific and methodological foundations of geoenvironmental studies on example of Dolyna district, Ivano-Frankivsk oblast // Proceedings of Int. scientific-practic. Conf. "Problems of environmental safety and controlled dynamic control of natural and industrial systems (scientific and methodical bases, practice, experience and environmental education) ", Lviv, 24-26 September 1996. - Part 1. - Kyiv, 1996. - P. 111-113.
11. Denisova A.I., Nahshina E.P., Novikov B.I., A.K. Ryabov The sediments of water reservoirs and their impact on water quality. - Kiev: Naukova Dumka, 1987. - 164 p.
12. Kryuchkov A.I. Guidance for practical training course "Ecological and mathematical models of processes of public works." - Kyiv, NTU KPI, 1992. - 36 p.
13. Zaichenko Yu.P. Operations research. - Kyiv, 2000. - 688 p.
14. Karashev A.V. River hydraulics. - L. : Gidrometeoizdat, 1969. - 416 p.

В.В. Приходько

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ СПУСКЕ КИЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА. УСТОЙЧИВОСТЬ ГРУНТОВОГО КОМПЛЕКСА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ К ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ. ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

При изучении специальных вопросов применялись общепринятые в инженерной геологии, гидрологии, географии, экологии методы исследований, а также собственные разработки.

При решении поставленных задач были использованы методы системного, сравнительного и факторного анализа, математической статистики. В работе использованы материалы личных исследований и литературные источники, которые относятся к исследуемым вопросам. Решенные задачи: проанализированы и классифицированы основные факторы формирования оползневых ЕГП исследуемых территорий; изучен естественные и антропогенные составляющие оползневых

процессов; определен современный режим оползневых процессов для установления закономерностей развития и динамики, систематизированы и классифицированы данные исследования.

V. Prihodko

DESCENT OF THE KIEV WATER BASIN. STABILITY OF AN EARTH COMPLEX OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT ANTHROPOGENOUS LOADING. THE FORECAST OF DEVELOPMENT OF AN ECOLOGICAL SITUATION AND SAFETY OF ABILITY TO LIVE

At studying special questions methods of researches, and also own development were applied standard in engineering geology, a hydrology and geography.

At the decision of tasks in view methods of the system, comparative and factorial analysis, mathematical statistics have been used. In work materials of personal researches and references which concern to researched questions are used. The decided(solved) problems(tasks): major factors of formation landslide EGP researched territories are analysed and classified; it is investigated natural and anthropogenous components landslide processes; the modern mode landslide processes for an establishment of laws of development and dynamics (changes) is determined, the given researches are systematized and classified.

УДК 681.327.2.

Р.О. МАЛЕНКОВ

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ

МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ КАДАСТРУ НА ОСНОВІ МАТЕРІАЛІВ БАГАТОРІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТАШЛИЦЬКОЇ ГАЕС

В цій статті розкриваються питання розробки автоматизованої системи кадастру територій та об'єктів природно-заповідного фонду України та використання для створення такої системи мережі Інтернет. Проблема є дуже актуальною зважаючи на планомірне збільшення площ територій та кількості об'єктів природно-заповідного фонду України.

Актуальність теми. Зважаючи на сучасне складне, а можливо навіть катастрофічне, екологічне становище в Україні, питання моніторингу різних компонентів навколишнього природного середовища, їхнього впливу один на одного, а також тотального антропогенного впливу на природу, є дуже актуальними. Екологічний моніторинг – це комплексна науково-інформаційна система регламентованих періодичних безперервних, довгострокових спостережень, оцінки і прогнозу змін стану природного середовища з метою виявлення негативних змін і вироблення рекомендацій з їх усунення або ослаблення. Предметом моніторингу навколишнього середовища є організація та функціонування системи моніторингу, оцінювання та прогнозування стану екологічних систем, їх елементів, біосфери, характеру впливу на них природних та антропогенних факторів.

Для ефективних досліджень в галузі екологічного моніторингу повинна бути створена інформаційна система даних моніторингу, які збираються різними природоохоронними організаціями та установами, і система ця повинна бути автоматизованою, адже серед її основних функцій є оперативна робота з інформацією. Найкращим варіантом такої системи був би кадастр, адже лише він може ефективно зв'язати семантичні та графічні блоки інформації про різні компоненти навколишнього природного середовища. Такий кадастр повинен бути автоматизованим і дозволити ефективно та швидко працювати із потоками інформації, які надходять із різних джерел.

За логікою сучасного стану науки та технологій автоматизована система екологічного кадастру, який використовується в процесі робіт з екологічного моніторингу повинна бути інтерактивною – передбачати певний “комп’ютерний інтелект”. Ця система має отримувати інформаційні потоки із багатьох джерел і реагувати якимось дієвим чином на них. Найкращою і найстабільнішою мережею для роботи такої системи є мережа Інтернет. Інтерактивність інформаційної системи, разом з розміщенням її в мережі Інтернет, у значній мірі дозволить вирішити проблему наповнення кадастру інформацією, оперативного переміщення інформації та її публічності. А використання ГІС в процесі роботи дозволить максимально покращити картографічне відображення просторового розташування.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Авторські напрацювання були використані в рамках проектів, що виконувались державним підприємством „Центр екологічного моніторингу України”: „Створення інформаційної бази у сфері заповідної справи” (2006 рік), „Забезпечення електронного доступу до екологічної інформації для посилення участі громадськості в прийнятті управлінських рішень” (постійно діючий проект, який фінансується Британським фондом „Довкілля для Європи” і впроваджується Британською Радою в Україні); та у регіональному ландшафтному парку (РЛП) „Міжрічинський” в рамках

проекту „Первинний облік території та об’єктів РЛП „Міжріччинський” (2009–2010 рр.). В 2014 році авторські напрацювання були використані в процесі виконання проекту «Виконання робіт з комплексного екологічного моніторингу в зоні впливу Ташлицької ГАЕС».

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці методики створення інтерактивної інформаційної системи екологічного кадастру для територій та об’єктів які потребують багаторічного спостереження та екологічного моніторингу, адже перебувають у динамічному екологічному становищі (наприклад Олександрівське водосховище, яке розглядається як модельний регіон у цій статті) перебуває у стані підняття рівня вод. Інформаційна система кадастру може бути використана в екологічних установах та в установах які займаються обліком територій та об’єктів ПЗФ та збором кадастрової інформації екологічного характеру.

Новизна. Науковою новизною є методика розробки інтерактивної інформаційної системи екологічного кадастру; методика передачі інформації та наповнення інтерактивної системи кадастру інформацією; методика використання для інтерактивної системи кадастру програмних систем керування веб-ресурсами; методика імпорту картографічних матеріалів у мережу Інтернет; методика використання для створення кадастрів екологічного спрямування програмного продукту QGIS.

Мета. Метою цієї статті є висвітлення можливостей створення електронної системи екологічного кадастру на основі матеріалів багаторічного моніторингу Ташлицької ГАЕС.

Основний матеріал. Зважаючи на сучасний розвиток ГІС-технологій та технологій веб-картографії одним із кращих та найбільш раціональних варіантів висвітлення та аналізу інформації про багаторічний моніторинг Ташлицької ГАЕС був би електронний кадастр, який би синтезував семантичний та графічний блоки інформації про об’єкти моніторингу.

Кадастр (фр. Cadastre; рос. кадастр; англ. cadastre; нім. kataster, grundbuch n, Flurbuch n) — це упорядкована геоінформаційна система про правове, природне, господарське, економічне та просторове положення об’єктів, що підлягають обліку в системі відповідного рівня управління. Кадастри вважаються різновидом інформаційних систем, які повинні використовуватися в процесі здійснення державного управління. Враховуючи різноманітність сучасних кадастрів, можна зробити висновок, що кадастровому обліку може підлягати інформація про стан різних об’єктів, в тому числі й об’єктів та компонентів навколишнього природного середовища, які досліджуються в процесі екологічного моніторингу. Серед існуючих кадастрів можна виокремити: кадастри природних ресурсів (земельний, водний, лісовий, рослинний, тваринний та інші), містобудівний кадастр, кадастр нерухомості, ряд екологічних кадастрів (кадастри забруднень, кадастри відходів, кадастри небезпечних екологічних явищ, кадастр антропогенних викидів та інші). Отже тісно пов’язані блоки семантичної та графічної інформації про екологічний стан певної території можна вважати повноцінним екологічним кадастром.

Нами було розроблено два варіанта екологічного кадастру території впливу Ташлицької ГАЕС на основі матеріалів багаторічних спостережень. Перший – для обмеженого використання – на основі програмного продукту QGIS, який раніше був відомий як "Quantum GIS". Другий – для масового використання на основі програмних продуктів мережі Інтернет.

QGIS – це вільна кросплатформова геоінформаційна система (ГІС), яка доступна практично кожному користувачу мережі Інтернет. QGIS дозволяє користувачам створювати карти з великою кількістю шарів, використовуючи різні картографічні проекції. Карти можуть бути зібрані в різні формати і використовуватися для виконання різноманітних задач. В системі QGIS карти можуть складатися з растрових або векторних шарів. Типовими для такого роду програмного забезпечення, векторні дані зберігаються

як точка, лінія, полігон. Різні види растрових зображень підтримуються і програмне забезпечення може виконувати геоприв'язання зображень.

Головним форматом, який використовується у QGIS є формат шейп, який є основним і для найпоширенішого у світі програмного продукту ГІС ArcMap. Відповідно у QGIS без конвертації можна користуватися картматеріалами, які є наймасовішими. QGIS дозволяє використання DXF, файли покриття і персональні бази геоданих MapInfo, PostGIS і ряд інших форматів підтримуються в QGIS. Веб-сервіси, в тому числі Web Map Service та Web Feature Service, також підтримуються, щоб дозволити використання даних із зовнішніх джерел. Як вільне програмне забезпечення відповідно до ліцензії GNU GPL, QGIS можуть бути вільно змінені для виконання різних або більш спеціалізованих завдань. Є два приклади: QGIS Браузер і QGIS серверних додатків, які використовують один і той же код для доступу до даних і візуалізації, але представляють різні інтерфейси. Також є безліч плагінів, що розширюють базову функціональність програмного забезпечення.

Для кадастрової системи були використані шари топооснови, які розроблялися із базовим масштабом 1:200000. Звичайно можна скористатися й більш крупномасштабними картосхемами, але в даному випадку масштаб є величиною не основною, адже картматеріали в ГІС як правило позамасштабні, а поняття масштабу визначається лише характером генералізації. Для картосхеми території впливу Ташлицької ГАЕС було використано наступні шари:

- схема адміністративного поділу Миколаївської області на райони (відображає лише межі адміністративних районів);
- схема мережі водних об'єктів (лінійних і полігональних);
- схема розташування населених пунктів;
- схема дорожньої мережі;
- схема заліснення території (лінійні та полігональні об'єкти).

На карту за координатами було винесено точки відбору проб, які є вагомим джерелом інформації про екологічний стан території. Точки були позначені позамасштабним умовним знаком. До точок були «прив'язані» системою гіперпосилань (гіперлінків) інформаційні бланки з інформацією про гідрохімічні показники досліджених проб води у зоні впливу Ташлицької ГАЕС та Олександрівського водосховища, що проводився у літньо-осінній період комплексною експедицією ДП «Екоінформ». Інгридієнти, одиниці виміру та ГДК наведені у таблиці 1.

Раніше у випадку створення звичайної екологічної ГІС показники варто було занотовувати у прив'язану до картографічних шарів базу даних – до таблиці кожного шару. Але таке використання таблиць видається нині нераціональним, адже таку інформацію можна прив'язувати системою до кожного об'єкта гіперпосилань, які будуть відкривати інформацію в новому вікні, а у таблиці заноситиметься лише інформація, яку можна виводити у підписах (лейблах) на карті. Гіперпосиланням у новому вікні можна відкривати будь які файли, які є можливість відкривати на конкретному комп'ютері (наприклад, якщо на комп'ютері немає програмного продукту для відкриття фотографій, то й у кадастровій системі вони відкриватись не будуть).

Таблиця 1. Інгридієнти, одиниці виміру та ГДК

Інгридієнт		Одиниці виміру	ГДК
рН		од.	6,5-8,5
Жорсткість загальна		мг - екв/дм ³	н/р
NO NI	НСО ₃ ⁻	мг/дм ³	н/р

КАТІОНИ	SO_4^{2-}	мг/дм ³	< 100
	Cl^-	мг/дм ³	< 300
	Ca^{2+}	мг/дм ³	< 180
	Mg^{2+}	мг/дм ³	< 50
	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	мг/дм ³	< 170
Сухий залишок		мг/дм³	< 1000
БІОГЕННІ РЕЧОВИНИ	NH_4^+	мг/дм ³	< 0,50
	NO_2^-	мг/дм ³	< 0,08
	NO_3^-	мг/дм ³	< 40
П. О.		мг/дм ³	< 15

Щоб створити гіперпосилання потрібно відкрити властивості шару і у пункті «Поля» зазначити для відкриття конкретний файл – «file name» без заходу у «Властивості» цю команду прописати неможливо.

Для формування інформаційних бланків ми скористалися програмним продуктом Microsoft Power Point, який є стандартним для показу різноманітних презентацій і присутній майже на кожному комп'ютері із операційною системою Windows. Інформаційні бланки можна постійно доповнювати новою інформацією – гіперпосилання при цьому змінюватись не буде, а файл буде відкриватись незалежно від його розміру.

Щоб активувати гіперпосилання потрібно прописати спеціальну команду у розділі «Actions» властивостей таблиці.

Інформаційний бланк для кожної точки відбору проб виконувався у окремому файлі. Шлях до конкретного файлу (інформаційного бланку) прописується відразу після створення точки (рис. 1), або окремо у властивостях кожної окремої точки, для точок, які були створені раніше.

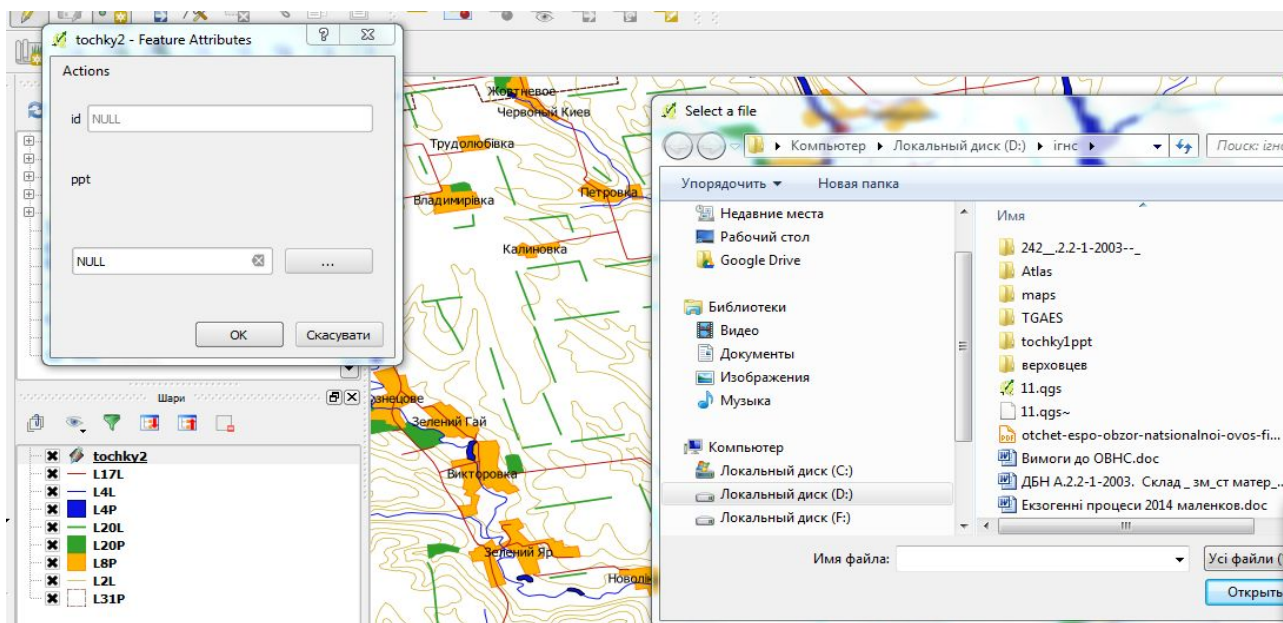


Рис. 1. Прописування шляху до інформаційного бланку (файлу інформації) окремої точки

При виконанні конкретного завдання – винесення точок відбору проб води у зоні впливу Ташлицької ГАЕС та Олександрівського водосховища, що проводився у літньо-осінній період комплексною експедицією ДП «Екоінформ», було створено схему (див. рис. 3) у програмному продукті QGIS. Гіперпосилання для точок створювались за методикою, описаною вище. Для активації гіперпосилання, і загалом для активації будь якої команди, прописаної у розділі “Actions” властивостей шару «Точки», варто скористатися кнопкою інтерфейсу «Run Feature Action», яка розташована поряд із кнопкою інформації.

Далі шар із точками ми використали для формування кадастру, тестовий варіант якого розміщений у мережі Інтернет. Такий кадастр буде значно більш оптимальним, адже він буде доступним для більшої (на порядок) кількості користувачів через мережу Інтернет – найповнішу та найстабільнішу комп’ютерну мережу у світі. Для створення картографічного блоку інформації ми скористалися можливостями картографічного веб-сервера Google Maps. Для цього було створено аккаунт й імпортовано конвертований у формат kml (саме із таким векторним форматом працюють картографічні сервери Google) шар із винесеними точками відбору проб. При цьому може виникнути неочікувана проблема із перенесенням семантичної інформації із таблиць QGIS, тому потрібно уважно проставити номери точок вже у сервісі Google Maps. І це ще одна причина, для винесення бази даних із програмного продукту ГІС в окремий програмний продукт.

Тестовий кадастр створювався на сайті корпорації UKOZ, який не потребує оплати, але має обмежену кількість місця. Тут, в каталозі статей, було створено окрему статтю для кожної точки – аналог інформаційного бланку. На схемі в сервісі Google Maps було створено гіперпосилання на окремі статті з інформацією про кожну точку. Код html був скопійований на головну сторінку сайту кадастра, відповідно сюди перенеслась і схема розташування точок на топологічній основі Google.

На схемі Google Maps кліком (натисканням) на умовному знаку, яким позначається точка, можна вивести гіперпосилання, ну а клікнувши на нього – у окремому вікні екрану відкрити інформаційний бланк (див. рис. 3). Для цього у вікно короткої характеристики точки вже у сервісі Google Maps просто вводиться url-адреса посилання.

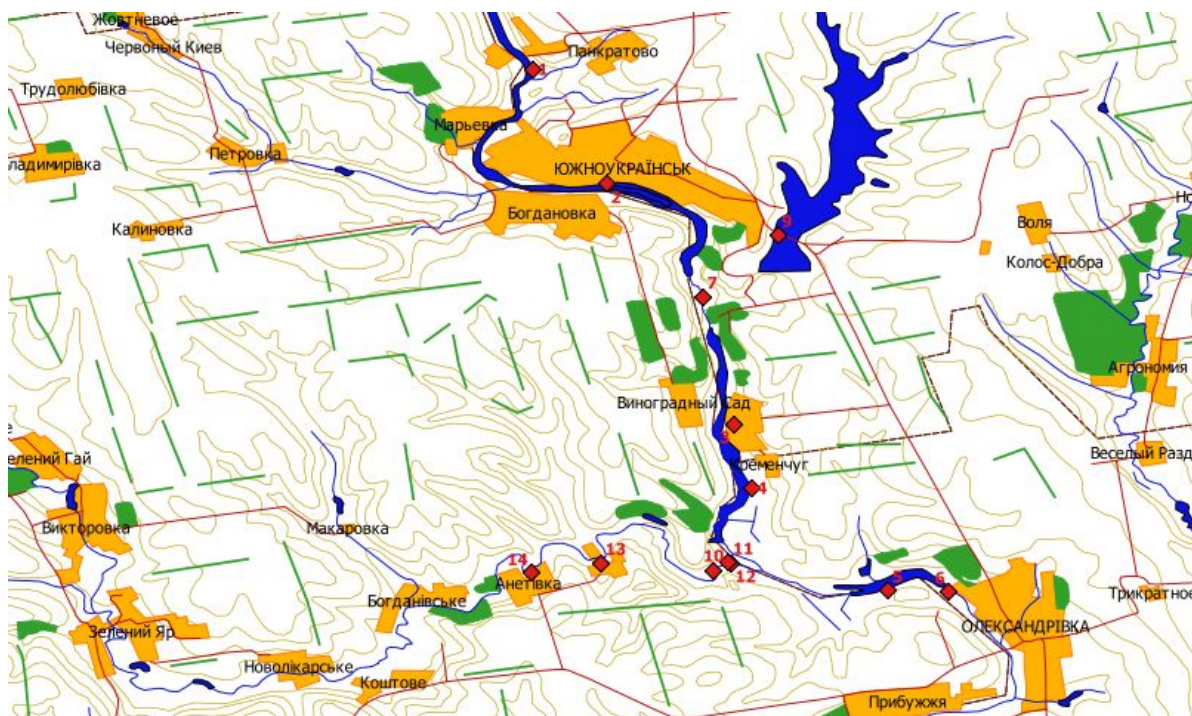


Рис 2. Схема відбору проб води у зоні впливу Ташлицької ГАЕС та Олександрівського водосховища, що проводився у літньо-осінній період комплексною експедицією ДП «Екоінформ»

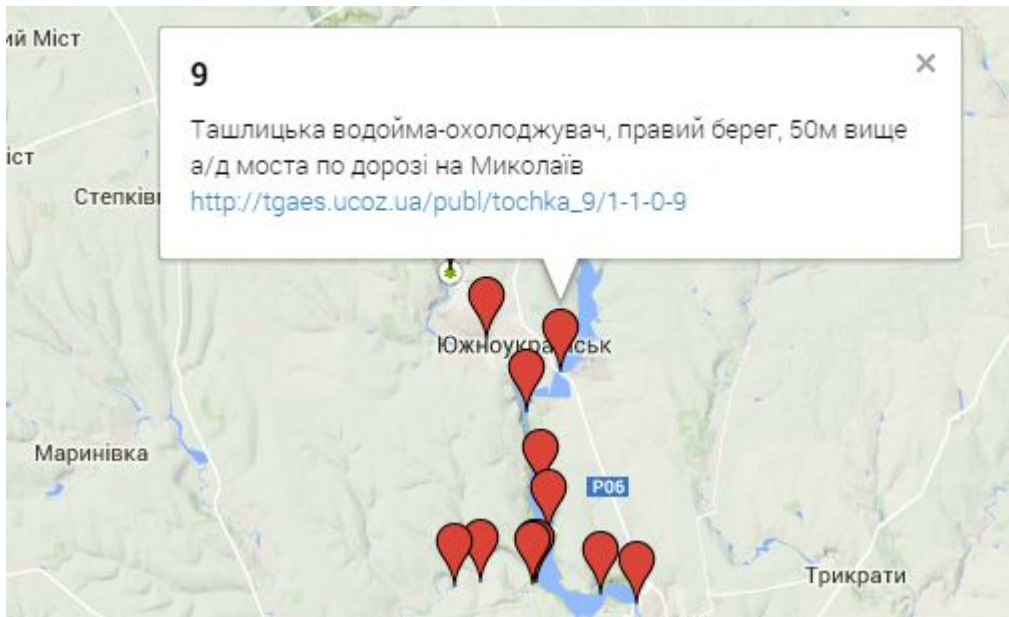


Рис. 3. Виведення на екран гіперпосилання для окремої точки

Топооснова Google Maps містить декілька варіантів картосхем (ми використали картосхему «Ландшафт») та космічний знімок місцевості. Ці шари, за необхідності, можна змінювати (перемикати). Код створеної схеми із власним імпортованим шаром може відкриватись у двох варіантах дозволів: для усіх користувачів мережі Інтернет, або лише для тих, хто отримав цей код від розробника.

Висновок. Зважаючи на сучасний розвиток веб-технологій є усі підстави використовувати при створенні кадастрових систем мережу Інтернет, як найстабільнішу і найдосконалішу інформаційну мережу. Використання Інтернет та програмних продуктів розроблених для цієї мережі дозволить зробити кадастрову систему автоматизованою, максимально доступною та оперативною.

Створена, в процесі роботи, тестова інформаційна система системою гіперпосилань тісно зв'язує семантичний та графічний блоки інформації й тому є повноцінним кадастром. Подальше доопрацювання системи дозволить вивести її із розряду тестової. Воно потребує створення повноцінного сайту та використання широкого спектру показників екологічного стану досліджуваної території – зони впливу Ташлицької ГАЕС.

1. Берлянт А.М. «Большая картография» или интеграция картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования [Электронный ресурс] / Библиотека электронных учебников. – http://www.book-ua.org/FILES/estestvoznanie/28_03_2008/est0075.doc.

2. Даниленко А.С., Лихогруд М.Г., Основні засади запровадження в Україні кадастрової-інформаційної системи // Землепорядний вісник. – 2003. – № 1. – С. 22–27.

3. Документація QGIS 2.6. [Электронный ресурс] / <http://docs.qgis.org/2.6/uk/docs/>

4. Максудова Л.Г., Абросимов В.В., Романов В.В. Учебное пособие по курсу «Автоматизированная ГИС кадастра»: Автоматизированные информационные системы кадастра. (Часть I). - М.: Изд. МИИГАиК, 1996. – С. 44.

1. Berlyant A.M. "The great cartography" or integration of cartography, geoinformatics and remote sensing [electronic resource] / Library of electronic textbooks. - http://www.book-ua.org/FILES/estestvoznanie/28_03_2008/est0075.doc.

2. Danilenko A.S., Lyhohrud M.G., basic principles of implementation in Ukraine the cadastral information system // Land Management Journal. - 2003. - № 1. - P. 22-27.
3. Papers QGIS 2.6. [electronic resource] / <http://docs.qgis.org/2.6/uk/docs/>
4. Maksudova L.G., Abrosimov V.V., Romanov V.V. The manual for the course "Automated GIS inventory": Automated information systems inventory. (Part I). - M.: Publishing House. МІІГАiК, 1996. - P. 44.

Р.О. Маленков

ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КАДАСТРА НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ТАШЛИЦКОЙ ГАЭС

В этой статье раскрываются вопросы разработки автоматизированной системы кадастра территорий и объектов природно-заповедного фонда Украины и использования для создания такой системы сети Интернет. Проблема очень актуальна ввиду планомерного увеличения площадей территорий и количества объектов природно-заповедного фонда Украины.

R. Malenkov

POSSIBILITIES OF CREATION OF ELECTRONIC CADASTRE SYSTEM ON THE BASIS OF MANY YEARS' MONITORING OF TASHLYK HPES

In this article the issue of developing an automated inventory system areas and objects of natural reserve fund of Ukraine and the use of such a system for the Internet. The problem is very important given the planned increase in the total area and the number of natural reserve fund of Ukraine . This inventory should be automated and allow fast and efficient work flow of information coming from different sources.

УДК 550.42:551.14(477-25)

О.Р. АКИМОВА, И.В. КУРАЕВА, А.И. САМЧУК, Е.В. ВОВК

Институт геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины, г. Киев

ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ г. КИЕВА И ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ В НИХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Установлены литологические особенности донных отложений г. Киева и закономерности распределения тяжелых металлов (ТМ) в них. Гранулометрический анализ показал, что донные отложения (ДО) представлены псаммитами (которые являются преобладающими – около 81 %), псефитами, алевритами и пелитами. Минералогический состав псаммитовых отложений представлен, в основном, кварцем и полевым шпатом. В статье рассмотрены закономерности распределения никеля, кобальта, хрома, меди, ртути и цинка, которые присутствуют во всех пробах, но в разных концентрациях. Методом постадийных вытяжек определены формы нахождения ТМ и их подвижность. Основная масса металлов связана с фракциями: карбонатной, с оксидами Mn и Fe и органического вещества. Проведена оценка степени загрязнения осадков водоемов и водотоков города. Уровень химического загрязнения определен показателем коэффициента концентрации (K_c), по которому подсчитан суммарный показатель загрязнения (Z_c). По степени загрязнения ДО, водоемы и водотоки г. Киева можно охарактеризовать от слабого до опасного загрязнения

Введение

Киев, как столица и крупнейший промышленный город Украины с населением более 4 млн. человек, расходует огромное количество воды. Расположен на правом и левом берегу р. Днепр. С индустриальным развитием, увеличением транспорта, переселением проблема загрязнения стала чрезвычайно серьезной для столицы.

Киевская городская агломерация в пределах г. Киева, оказывает негативное влияние на экологию и особенно на гидросферу города. Реки и озера территории, а их более четырех сотен, занимают более 10 % территории.

По данным Управления экологической безопасности Киева, забор «свежей воды питьевого качества» в городе – около миллиарда кубометров в год. Основным поставщиком воды служат Деснянский и Днепровский водозаборы. По данным Министерства экологии, Днепр и Десна в границах города относятся к III классу – «умеренно загрязненная вода», в некоторых местах – к IV классу – «грязная вода». А ведь помимо питья, жители Киева загорают, купаются в различных водотоках и водоемах столицы, т.е. происходит непосредственное соприкосновение с загрязненной водой и следовательно с донными осадками в них.

Загрязнение пресных вод Киева – попадание различных загрязнителей при прямом или косвенном поступлении в водоемы, с последующим их оседанием в донных отложениях.

Загрязнение донных осадков – это результат деятельности мощного промышленного комплекса, чрезвычайно разветвленной транспортной системы (особенно за последние 20–25 лет), бытовых отходов (связанных с перенаселением города).

Результаты многолетних исследований показали, что в воде большой процент составляют повышенные концентрации тяжелых металлов, которые, как известно, являются токсичными. Источниками их поступления есть загрязнители, попадающие в пресную воду в результате намеренных сбросов отходов, их случайных сбросов, проливов, утечек и т.д.

Атмосферные осадки также служат источниками загрязнения вод, т.к. являются продуктами промышленной и сельскохозяйственной деятельности.

В г. Киеве насчитывается более 1 тыс. больших и средних промышленных предприятий. Основные предприятия-загрязнители города: ТЭЦ-5; ТЭЦ-6; Дарницкая ТЭЦ; Мусоросжигательный завод «Энергия»; ОАО «Корчеватский комбинат СМ»; СТ-1; СТ-2; РК «Борщаговка»; Киевский стеклотарный завод; Дарницкий вагоноремонтный завод; ЗАО «Киевский мясокомбинат»; Бортническая станция аэрации, состояние которой надо отметить особо в свете последней аварии в январе 2015 г.

Состояние Бортнической станции за последнее десятилетие таково, что может привести к экологической катастрофе, как результат ее стопроцентной изношенности. В последние годы (включая и 2014 год) наблюдалось несколько техногенных аварий. Использование существующих иловых полей уже приводило к прорыву дамбы, поскольку фактический объем осадков несколько раз превышает проектную нагрузку. Отходы, образующиеся в результате работы объекта, уже некуда вывозить. Площадки иловых полей рассчитаны максимум на 3,5 млн. кубометров отходов, а сейчас там уже более 8,5 млн. кубометров. Большой проблемой Киева являются свалки, расположенные вокруг города.

Исследованиями литолого-геохимического состава донных отложений, его гранулометрией занимались геологи Кленова М.В. (1948), Страхов Н.Н. (1957, 1983, 1986), Безруков П.Л. (1960), Кошиль М.Б. (2000) и др.; геохимией природных вод и донных отложений ученые – Бабинец А.Е. (1972, 1973), Шестопапов В.М. (1991, 1993), Митропольский А.Ю. (1973, 2004), Жовинский Э.Я. (1987, 1999, 2001), Емельянов В.А. (2004), Долин В.В. (2011) и др. Проблемам современного химического состава поверхностных вод посвящены работы ученых-гидрологов Линника П.Н. (1986, 2012, 2013, 2014), Набиванца Б.И., Осадчего В.И., Осадчей Н.Н., Набиванца Ю.Б. (2007, 2008) и др.

Исследования в области экологической геохимии в настоящее время приобретают особое значение, что связано с необходимостью привлечения водных запасов для решения проблем водоснабжения городов различного назначения. Поэтому целью нашей работы было установление литолого-геохимических особенностей донных отложений и оценка их экологического состояния.

Объекты и методы исследования.

В основу статьи легли результаты анализов проб воды и донных отложений открытых водоемов, отобранных по территории г. Киева (рис. 1). Мониторинг качества воды и состояния донных отложений водоемов проводился за период 2009–2013 гг., в результате чего накоплен большой объем данных по валовым содержаниям тяжелых металлов в воде и донных отложениях. Отбор проб проводился в соответствии с методикой, описанной в работе [1]. Для определения содержания тяжелых металлов в воде и донных отложениях использованы физико-химические методы исследования. Исследования форм нахождения тяжелых металлов в донных отложениях проведено по методике, разработанной Самчуком А.И. [3].

Результаты исследований

По результатам аналитических исследований, поверхностные воды г. Киева относятся в основном к гидрокарбонатно-кальциевым, показатели минерализации природных вод колеблются от 120 до 1360 мг/дм³, позволяя отнести их к мало и средне минерализованным. Максимальная минерализация выявлена в оз. Кирилловское (т. № 11) – 1357 мг/дм³, минимальная в оз. Алмазное (т. № 15) – 119 мг/дм³. Концентрация НСО₃ колеблется от 14,6 до 408,6 мг/дм³, в среднем составляет 207,7 мг/дм³. Содержание сульфат-ионов изменяется от 0,53 до 121,3 мг/дм³. Общий химический анализ поверхностных вод, проведенный ранее [4, 5, 7], показал широкий интервал колебаний значений как макроэлементов в них, так и микроэлементов.

Гранулометрический анализ сделан в лаборатории геологического факультета КГУ им. Т.Г. Шевченко. Интерпретация гранулометрического состава ДО проведена по классификации П.Л. Безрукова и А.П. Лисицына (1960), по которой донные отложения представлены следующими осадками: псефиты (фракции – 5–2 мм, 2–1 мм); псаммиты (фракции 1,0–0,5 мм, 0,5–0,25 мм, 0,25–0,1 мм); алевриты (фракции 0,1–0,05 мм, 0,05–0,01 мм); пелиты (фракции 0,01–0,005 мм, <0,005 мм). Согласно проведенному анализу, выяснено что наиболее распространены псаммитовые отложения – 81 % от общего веса; следующие алевритовые отложения – 15,6 %; пелитовые отложения – 3,3 %; псефитовые отложения – 0,2 %. Грубообломочные осадки (псефиты) присутствуют во всех пробах, за исключением отложений в оз. Нижний Тельбин.

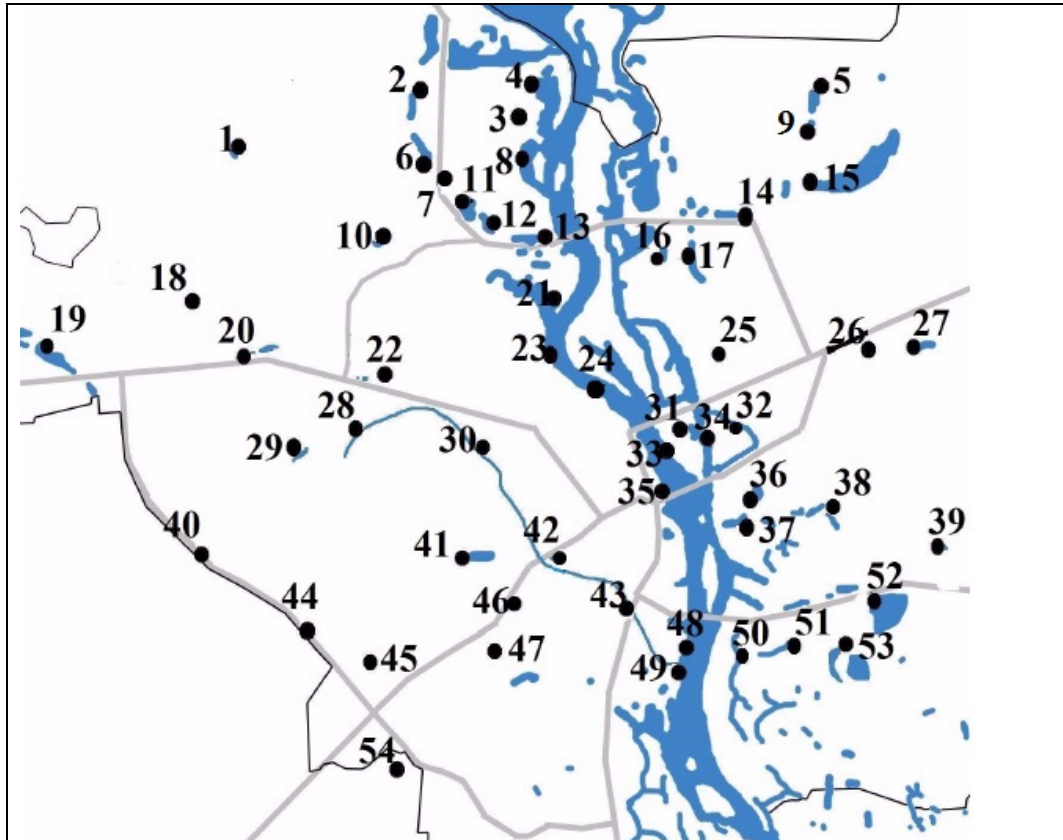


Рис. 1. Схема расположения площадок отбора проб воды и донных отложений г. Киева.

Таблица 1. Размещение площадок отбора проб воды и донных отложений территории г. Киева

№	Месторасположение площадки отбора	№	Месторасположение площадки отбора
1	Ул. Красицкого	28	Река Лыбедь, исток
2	Оз. Минское	29	Оз. Отрадное
3	Оз. Белое	30	Река Лыбедь, среднее течение
4	Ул. Приречная, №37	31	Гидропарк, озеро
5	Ул. Закревского, №93	32	Русановский канал, пешеходн. мост
6	Оз. Луговое	33	Гидропарк, правый берег
7	Оз. Богатырское	34	Русановский канал
8	Залив Оболонь, ул. Приречная	35	Мост Патона
9	Ул. Закревского, северн. берег канала	36	Оз. Тельбин
10	Оз. Куреневское	37	Оз. Нижний Тельбин
11	Оз. Кирилловское	38	Оз. Солнечное
12	Оз. Иорданское	39	Оз. Партизанской славы
13	Оз. Вербное	40	Оз. по ул Зодчих

14	<i>Канал Закревского</i>	41	Совские пруды
15	<i>Оз. Алмазное</i>	42	Оз. Глинка
16	<i>Оз. Малиновка</i>	43	Река Лыбедь, метро Выдубичи
17	<i>Оз. Радунка</i>	44	Пруд, ул. Медицинская
18	Речка Сырец	45	Озеро по ул. Московская
19	Оз. Святошинское	46	Оз. Голосеевское
20	Оз. Нивка	47	Оз. в парке М.Рыльского
21	Мост на Рыбальский остров	48	Река Днепр, выше устья р. Лыбедь
22	Оз. в Зоопарке	49	Река Лыбедь, устье
23	Река Днепр, Почтовая площадь	50	<i>Оз. Подборное</i>
24	Река Днепр, Пешеходный мост	51	<i>Оз. Небреж</i>
25	<i>Ручей, ул. Алишера Навои</i>	52	<i>Оз. Вырлица</i>
26	<i>Оз. Лески</i>	53	<i>Оз. Тяглое</i>
27	<i>Оз. Березка</i>	54	Оз. Новоселки

Примечание: выделенные и напечатанные курсивом – площадки отбора проб на левом берегу р.Днепр; цветом выделены пробы по которым определен суммарный показатель загрязнения (Z_c).

Максимальное количество осадков (43,47 %) приходится на фракцию 0,25–0,10 мм (псаммиты); наименьшее количество – отмечено для илов (пелитовые отложения): фракция 0,01–0,005 мм – 0,06 % и встречается не во всех осадках, фракция <0,005 мм – 3,25 % и встречается во всех осадках. Минералогический состав псаммитовых осадков представлен в основном песчаными осадками и состоит из кварца и полевого шпата. Их содержание в донных отложениях колеблется от 55 до 95 %. Наибольшее количество (95 %) отмечено в оз. Алмазное и оз. Партизанской славы; размерность зерен средне- и мелкозернистая, кварц чистый и прозрачный. Основным источником поступления кварца в донные отложения являются аллювиальные выносы стока и человеческая деятельность, что особенно характерно для левобережной части города, которая застроена на привозном грунте, чаще всего на супеси.

Основные статистические параметры распределения исследуемых элементов в поверхностных водах и донных отложениях территории представлены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в поверхностных водах и донных отложениях г. Киева, мг/кг

Статистические параметры	Элементы					
	Ni	Co	Cr	Cu	Pb	Zn
Минимальные значения	0,0001/2	0,0002/2	0,0003/6	0,0003/5	0,0001/4	0,007/50
Максимальные значения	0,054/80	0,014/20	0,643/100	0,082/650	0,04/400	0,38/250
Средние значения	0,006/16,1	0,001/6,6	0,02/20,2	0,008/111,8	0,003/37,6	0,026/101

Примечание: числитель – содержание ТМ в воде, мг/дм³; знаменатель – содержание ТМ в донных отложениях, мг/кг

Максимальные значения **Ni** в водоемах и водотоках исследуемой территории показала проба из оз. Нижний Тельбин (№ 37) – 0,070 мг/л (ПДК – 0,1 мг/дм³). Среднее значение **Ni** по всей территории равняется 0,006 мг/дм³. Большие показатели по этому элементу отмечены в оз. Иорданское – 0,054 мг/дм³ и оз. Богатырское – 0,022 мг/дм³. Результаты анализов донных отложений показали максимальное значение по **Ni** в пробе из ручья по ул. Алишера Навои (т. № 25) – 80 мг/кг, что превышает фоновое (12,6 мг/кг) в 6,4 раза [6]. Высокий показатель никеля имеем в оз. Нижний Тельбин – 70 мг/кг, в Опеченских озерах эти показатели низкие: от 2,0 мг/кг до 5,0 мг/кг.

Наибольшая величина **Co** в воде водоема по ул. Красицкого (т. № 1) – 0,014 мг/дм³ (ПДК – 1,0 мг/дм³). Близкие к среднему (0,0012 мг/дм³) значения кобальта по г. Киеву в

пробах из оз. Богатырское ($0,001 \text{ мг/дм}^3$), оз. Кирилловское, оз. Нижний Тельбин (по $0,003 \text{ мг/дм}^3$, соответственно). Максимальный показатель Co в донных отложениях имеем в р. Лыбедь (исток реки – т. № 28) – $20,0 \text{ мг/кг}$, среднее по территории – $6,57 \text{ мг/кг}$. Кобальт во всех Опеченских озерах (Минское, Луговое, Богатырское, Кирилловское) отсутствует, за исключением оз. Иорданское (т. № 12), где его количество достигает $2,0 \text{ мг/кг}$. В пробе из оз. Нижний Тельбин (т. № 37) содержание кобальта составляет $6,0 \text{ мг/кг}$.

Пробы показали максимальное значение Cr в воде оз. Нижний Тельбин – $0,6 \text{ мг/дм}^3$, что в 6 раз превышает ПДК ($0,1 \text{ мг/дм}^3$). В воде в оз. Кирилловское (т. № 11) – $0,54 \text{ мг/дм}^3$. В озерах Минское, Луговое, Богатырское, Иорданское и Вербное количество хрома близко к среднему по территории ($0,02 \text{ мг/дм}^3$). Максимальное количество этого элемента в донных отложениях оз. Нижний Тельбин – 100 мг/кг (фоновое – $29,2 \text{ мг/кг}$ [6]). Среднее значение по территории составляет $20,2 \text{ мг/кг}$. В оз. Луговое этот показатель минимальный – $6,0 \text{ мг/кг}$, в озерах Минское, Богатырское, Иорданское, Кирилловское хром не выявлен.

Максимальное количество Cu в пробах установлено в оз. Нивка (т. № 20) – $0,082 \text{ мг/дм}^3$ и в оз. Нижний Тельбин (т. № 37) – $0,080 \text{ мг/дм}^3$, и оно близко к величине ПДК. Немного превышает среднее значение ($0,008 \text{ мг/дм}^3$) количество меди в озерах Луговое ($0,014 \text{ мг/дм}^3$), Богатырское ($0,012 \text{ мг/дм}^3$), Кирилловское ($0,014 \text{ мг/дм}^3$). В донных отложениях оз. Нижний Тельбин максимальное количество меди составляет 650 мг/кг (фон – $24,0 \text{ мг/кг}$). В озерах Луговое, Минское, Богатырское, Кирилловское, Иорданское медь в донных отложениях не обнаружена.

Наибольшее количество Pb на исследуемой территории в воде оз. Нижний Тельбин – $0,04 \text{ мг/дм}^3$, что превышает ПДК ($0,03 \text{ мг/дм}^3$). В оз. Кирилловское содержание свинца – $0,03 \text{ мг/дм}^3$; в других озерах этот показатель не превышает среднего по территории – $0,003 \text{ мг/дм}^3$. Максимальное количество свинца в донных отложениях наблюдается в оз. Нижний Тельбин и составляет 400 мг/кг , что значительно превышает фон ($12,0 \text{ мг/кг}$).

Проба из оз. Нижний Тельбин показала максимальное количество Zn в воде – $0,38 \text{ мг/дм}^3$, что ниже ПДК ($1,0 \text{ мг/дм}^3$). В оз. Кирилловское содержание цинка значительно – $0,204 \text{ мг/л}$. Максимальный показатель цинка в донных отложениях оз. Нижний Тельбин равняется 250 мг/кг и это количество мало отличается от среднего по территории г. Киева (240 мг/кг), что свидетельствует о значительной загрязненности осадков цинком и превышает фон ($32,0 \text{ мг/кг}$).

Особое значение для оценки степени загрязнения донных отложений приобретает изучение их форм нахождения. В наше время не существует единой методики химико-аналитического выделения подвижных форм химических элементов в донных осадках. С целью изучения миграции тяжелых металлов в объектах окружающей среды было проведено определение форм нахождения их в донных отложениях исследуемой территории по методике [2, 3]. В табл. 3 представлены результаты лабораторных исследований по определению форм нахождения тяжелых металлов в пробе из оз. Нижний Тельбин, как самого загрязненного водоема на территории г. Киева. Эти результаты показали, что основная масса связана с фракциями: карбонатной; с оксидами Mn и Fe ; с органическим веществом. Подвижность элементов (сумма водорастворимой и ионообменной форм) изменяется от $6,95$ (Ni) до $14,25$ (Zn). Для наглядности полученных форм нахождения ТМ в донных отложениях по данным табл. 3 построена гистограмма (рис. 2), где по высоте – состав фракций (в %), по горизонтали – исследуемые металлы.

В условиях современной антропогенной нагрузки на окружающую среду, основным видом техногенного загрязнения является загрязнение тяжелыми металлами. Для количественной оценки уровня химического загрязнения используется суммарный показатель загрязнения (Z_c) [8]. Частным от расчета суммарного показателя загрязнения есть коэффициент концентрации (K_c), который показывает интенсивность накопления элемента в определенной среде по отношению к природному фону местности, значения которого взяты в работе [6].

Таблица 3. Формы нахождения тяжелых металлов в донных отложениях оз. Нижний Тельбин, %

Название формы (фракции)	Экстрагенты	Элементы				
		Ni	Cu	Pb	Zn	Cr
Валовое содержание, мг/кг		18	80	200	260	12
Водорастворимая	H ₂ O+20 % C ₂ H ₅ OH	0,05	0,2	0,1	0,25	0,08
Ионообменная	1 М CH ₃ COONH ₄	6,9	11	8	14	5,4
Карбонатная	1 М CH ₃ COOH	18	20	28	22	24
Связанная с оксидами Mn, Fe	0.04 HCl+20 % CH ₃ COOH	28	26	28	28	32
Связанная с органическим веществом	HNO ₃ +H ₂ O ₂	24	28	26	26	24
Фиксированная	HF+HNO ₃	23	15	10	10	15

В статье приведены расчеты коэффициента концентрации в донных отложениях водоемов г. Киева. Суммарный показатель загрязнения является комплексной оценкой загрязнения. Численно он равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов-загрязнителей. Суммарный показатель загрязнения представляет собой интегральную оценку качества изучаемой среды, в данной статье водной среды и донных отложений. Он позволяет сравнить между собой водные объекты и дать сравнительную оценку величин их загрязнения.

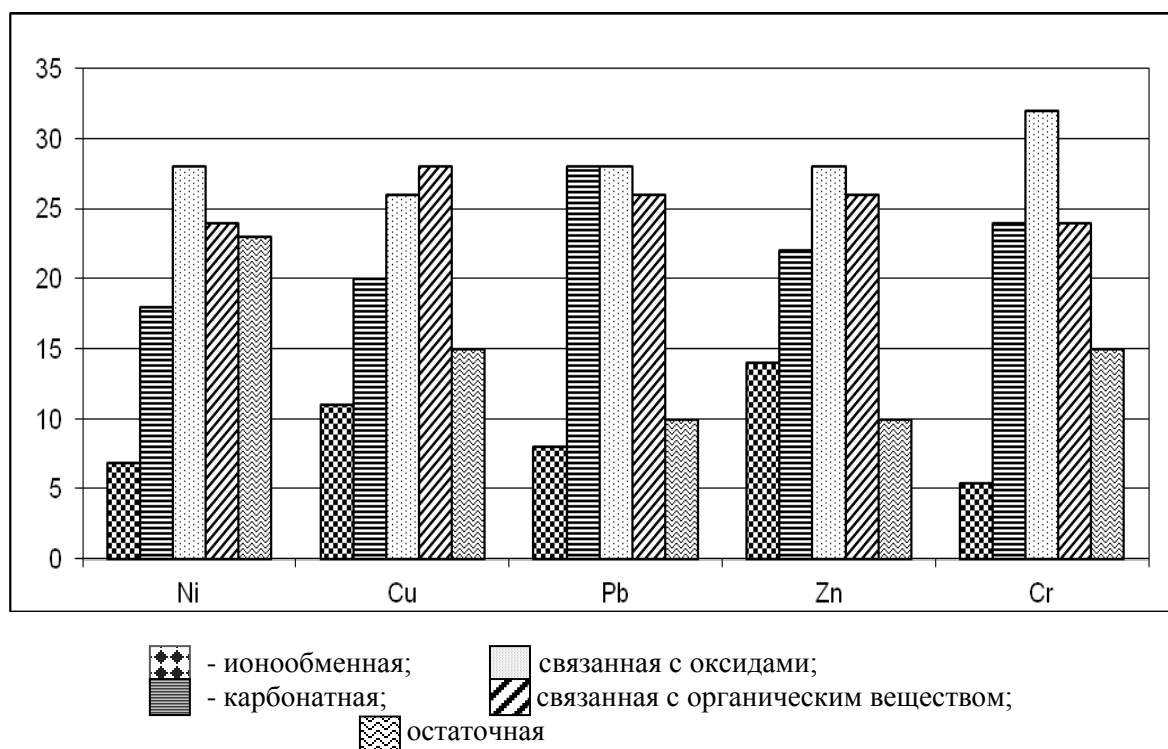


Рис. 2. Гистограмма распределения форм нахождения тяжелых металлов в донных осадках г. Киева, %

Коэффициент концентрации (K_c) загрязняющего элемента в составляющей водного объекта (донные отложения) рассчитывался по формуле [8]:

$$K_c = C_i / C_{\phi}$$

где: C_i – показатель накопления элемента в донных осадках;

S_{ϕ} – показатель природного фона элемента в изучаемом объекте.

Суммарный показатель загрязнения (Z_c) численно равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов-загрязнителей (ТМ) и определяется по формуле [8]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1)$$

где: n – число определяемых суммируемых элементов;

K_c – коэффициент концентрации i -го элемента-загрязнителя.

Коэффициенты концентрации (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c) рассчитаны для наиболее характерных площадок отбора проб исследуемой территории и эти расчеты представлены в табл. 4. Приведенный расчет достаточно объективно характеризует количественные изменения и распространения элементов, которые произошли под влиянием антропогенных факторов.

Проблемным обстоятельством является отсутствие общепринятой оценочной шкалы опасности загрязнения водных объектов, а значит и донных осадков, по суммарному показателю загрязнения (Z_c). Это связано с тем, что для водных систем до настоящего времени не разработаны общепринятые кларки, а значит не позволяет рассчитать универсальную шкалу. Одна из первых проб подобной оценки приведена в работе [9].

Как показали расчеты, суммарный показатель загрязнения для левого и правого берега города существенно отличаются. Пределы колебаний показателя (Z_c) правого берега изменяются от 16,9 (№ 28) до <1 (№ 6). Более загрязнен левый берег: пределы колебаний показателя (Z_c) изменяются от 75,8 (№ 37) до <1 (№№ 9, 27, 39). Максимальное значение Z_c (75,8) можно объяснить сбросами сточных вод заводом «Радикал» без очистки их [10].

Таблица 4. Суммарный показатель загрязнения донных отложений г. Киева токсичными элементами, мг/кг

№ п/п	№ площадки	Ni	Co	Cr	Cu	Pb	Zn	Z_c
Правый берег								
1	1	0,4 / 5,0	-	0,3 / 10,0	0,8 / 20,0	1,7 / 20,0	-	1,7
2	4	0,2 / 3,0	-	0,5 / 15,0	1,7 / 40,0	0,4 / 5,0	-	1,7
3	6	0,2 / 2,0	-	0,2 / 6,0	0,2 / 5,0	0,4 / 5,0	-	<1
4	12	0,4 / 5,0	0,7 / 2,0	0,2 / 6,0	0,8 / 20,0	0,8 / 10,0	1,6 / 50,0	1,6
5	18	0,4 / 5,0	-	0,7 / 20,0	2,1 / 50,0	0,8 / 10,0	1,9 / 60,0	3
6	20	0,3 / 4,0	-	0,3 / 1,0	1,7 / 40,0	2,5 / 3,0	3,1 / 100,0	5,3
7	28	4,8 / 60,0	9,3 / 28,0	1,0 / 30,0	0,8 / 2,0	1,7 / 20,0	2,5 / 80,0	16,9
8	29	0,8 / 10,0	3,3 / 3,0	1,0 / 30,0	2,5 / 60,0	0,4 / 5,0	1,9 / 60,0	5,7
9	42	0,4 / 5,0	0,7 / 0,4	0,2 / 6,0	1,7 / 40,0	1,7 / 20,0	1,6 / 50,0	3,3
Левый берег								
10	9	0,2 / 3,0	-	0,3 / 10,0	0,4 / 10,0	-	-	<1
11	14	0,6 / 8,0	1,0 / 3,0	0,3 / 10,0	1,2 / 30,0	0,3 / 4,0	1,9 / 60,0	2,1
12	15	0,2 / 3,0	-	0,3 / 10,0	16,7 / 400,0	0,4 / 5,0	3,1 / 100,0	18,8
13	17	0,4 / 5,0	-	0,7 / 20,0	16,7 / 400,0	0,4 / 5,0	-	16,7
14	25	6,4 / 80,0	3,3 / 10,0	1,0 / 30,0	4,2 / 100,0	1,7 / 20,0	6,2 / 200,0	16,8
15	27	0,2 / 2,0	-	0,3 / 10,0	0,3 / 8,0	0,4 / 5,0	-	<1
16	37	5,6 / 70,0	2,0 / 6,0	3,4 / 100,0	27,1 / 650,0	33,3 / 400,0	7,8 / 250,0	75,8

17	39	0,3 /4,0	-	0,6 /20,0	0,3 /8,0	-	-	<1
18	51	0,4 /5,0	-	0,6 /20,0	1,2 /30,0	0,4 /5,0	-	1,2
19	52	1,6 /20,0	1,8 /5,0	0,3 /10,0	1,2 /30,0	1,7 /20,0	6,2 /200,0	8,5
20	53	0,2 /2,0	-	0,3 /10,0	0,2 /5,0	0,3 /4,0	1,9 /60,0	1,9

Примечание: в числителе – коэффициент концентрации (Кс), в знаменателе – валовое содержание элемента, мг/кг.

Согласно [9] по полученным показателям Z_c (табл. 4) самый высокий уровень загрязнения донных осадков, который соответствует опасной категории загрязнения, отмечен в оз. Нижний Тельбин (равен 76) и объясняется это сбросами сточных вод завода «Радикал».

Выводы

Результаты лито-геохимического исследования донных осадков г. Киева показали, что они относятся в основном к псаммитовым отложениям и представлены кварцем и полевым шпатом.

Среди нормированных компонентов в поверхностных водах тяжелые металлы занимают особое положение, т.к. способны накапливаться и сберегаться в донных отложениях. Учитывая связь между осадками и водой, представлена количественная оценка степени загрязнения их тяжелыми металлами.

Содержание тяжелых металлов в воде исследуемой территории не носит закономерного распределения и не превышает ПДК и фон.

Изучая закономерности распределения ТМ в донных отложениях, установлено, что загрязнителями являются все исследуемые элементы. Рассмотрены закономерности распределения тяжелых металлов в осадочных отложениях водоемов Киевской агломерации в пределах г. Киева. Исследования этих закономерностей в распределении тяжелых металлов показало, что наиболее загрязненными являются осадки в озере Нижний Тельбин.

Таким образом, проблема обеспечения положительного экологического состояния системы «вода – донные отложения» чрезвычайно актуальна для г. Киева, т.к. размещение промышленных предприятий в пределах города или вблизи его способствует накоплению токсичных элементов в исследуемых объектах природной среды.

1. Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. – Київ: Наук. думка. – 2007. – 456 с.
2. Кузнецов В.А., Шимко Г.А. Метод постадийных вытяжек при геохимических исследованиях. – Минск: Наука и техника. – 1990. – 64 с.
3. Самчук А.И. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах Украинского Полесья / А.И. Самчук, Т.В. Огарь, К.Э. Дмитренко // Пошукова та екологічна геохімія. – 2007. – № 1(6). – С. 43–45.
4. Акімова О.Р. Особливості розподілу хімічних компонентів у природних водоймах м. Києва / Акімова О.Р., Кураєва І.В., Самчук А.І. // Геохімія та рудоутворення. – 2011. – Вип. 29. – С. 94–98.
5. Кураєва І.В. Літолого-геохімічні особливості розподілу важких металів у донних відкладах Київського мегаполісу / Кураєва І.В., Акімова О.Р., Кроїк Г.А. // Вісн. Дніпровського ун-ту. 2013. – № 3/2. – т. 21. – С. 91–97.
6. Люта Н.Г. Екологічний стан довкілля та Європейська перспектива України / Н.Г. Люта // Мінеральні ресурси України. – 2011. – № 1. – С. 6–9.
7. Kurayeva Irina. Ekologické a geochemické zvláštnosti rozdělení těžkých kovů ve vodě a ukládáních m. Kyjiv / Kurayeva Irina, Akimova Oksana. // Modern Science – Moderní věda. – 2014. – № 3. – С. 23 – 29.

8. Озерский А.Ю. Основы геохимии окружающей среды. – Красноярск: ИПК СФУ. – 2008. – 316 с.
 9. Долин В.В., Смирнов В.Н., Ищук А.А., Орлов А.А. Техногенно-экологическая безопасность биосистемы Бугского лимана в условиях загрязнения тяжелыми металлами. – Киев-Николаев: РАЛ-поліграфія. – 2011. – 200 с.
 10. Нікіташ О.П., Гавриленко Л.В. Оцінка впливу ртутного забруднення підземних вод території заводу «Радикал» на питні підземні води м. Києва. – Київ: Геоінформ. – 2002.
1. Nabyvanets V.I. Osadchyi B.I., Osadcha N.M., Nabyvanets Yu.B. Analytical chemistry of surface waters. – K.: Science Think. – 2007. – 456 p. (in Ukraine).
 2. Kuznetsov V.A., Shymko G.A. Method of step-by-step extracts under geochemical resechers. – Minsk.: “Science and technology”. – 1990. – 64 p. (in Belarus).
 3. Samchuk A.I. The form of finding of heavy metals in soils of Ukrainian Polesye / A.I. Samchuk, T.V. Ogar, K.E. Dmitrenko // Searching and ecological geochemistry. – 2007. - № 1(6). – p. 43-45.
 4. Akimova O.R. The features of distribution of chemical components in natural waters of Kiev region / Akimova O.R., Kuraeva I.V., Samchuk A.I. // Geochemistry and ore formation. – 2011. – V. 29. – p. 94-98.
 5. Kuraeva I.V. Lithological-and-geochemical features of distribution of heavy metals in ground deposits of Kiev megalopolis / Kuraeva I.V., Akimova O.R., Kroik G.A. // Herald of Dnipropetrovsk university. – 2013. - № 3/2. – V. 21. – p. 91-97.
 6. Lyuta N.G. Ecological state of environment and European prospects of Ukraine // Mineralogical resources of Ukraine. – 2011. - № 1. – p. 6-9.
 7. Kuraeva I. Ecological-and-geochemical features of distribution of heavy metals in water and ground deposits of Kiev / Kuraeva I., Akimova O. // Modern Science. – 2014. - № 3. – p. 23-29.
 8. Ozerskii A.Yu. The principles of environmental geochemistry. – Krasnoyarsk: IPK SPhU. – 2008. – 316 p.
 9. Dolin V.V., Smirnov V.N., Ischuk A.A., Orlov A.A. Anthropogenic-and-ecologic safety of biosystem of Bug liman under conditions of pollution of heavy metals. – Kiev-Nikolaev: RAL-print. – 2011. – 200 p.
 10. Nikitash O.P., Gavrylenko L.V. Assesment of influence of mercury pollution of Radikal plant on underground waters of Kiev. – K.: Geoinform. - 2002

О.Р. Акімова, І.В. Кураєва, А.І. Самчук, Е.В. Вовк

ЛІТОГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОННИХ ВІДКЛАДІВ м. КИЄВА І ФОРМИ ЗНАХОДЖЕННЯ В НИХ ВАЖКХ МЕТАЛІВ

Встановлені літологічні особливості донних відкладів м. Києва та закономірності розподілу важких металів (ВМ) у них. Гранулометричний аналіз показав, що донні відклади (ДВ) представлені псамітами (які є переважаючими – приблизно 81 %), псефітами, алевритами і пелітами. Мінералогічний склад псамітових відкладів представлений переважно кварцем і польовим шпатом. В статті розглянуті закономірності розподілу нікелю, кобальту, хрому, міді, ртуті та цинку, які присутні у всіх пробах, але в різних концентраціях. Методом поетапних витяжок виявлені форми знаходження ВМ і їх рухливість. Основна маса металів пов'язана з фракціями: карбонатною, з оксидами Mn і Fe і органічною речовиною. Проведена оцінка ступеня забруднення осади водойм і водотоків міста. Рівень хімічного забруднення визначався показником коефіцієнту концентрації (K_c), за показником якого пораховано сумарний показник забруднення (Z_c). За ступенем забруднення ДВ, водойми і водотоки Києва можна охарактеризувати від слабкого до небезпечного забруднення.

O. Akimova, I. Kuraeva, A. Samchuk, K. Vovk

LITHOLOGIC-AND-GECHEMICAL FEATURES OF GROUND DEPOSITS OF KIEV REGION AND FORMS OF FINDING OF HEAVY METALS IN THEM

Lithologic features of ground deposits of Kiev region and distribution of heavy metals in them are established. The granulometric analysis showed that in ground deposits sandy dimension particles (about 81%) prevail. The mineral structure of deposits of sandy dimension is presented generally quartz and potassium feldspar. In article regularities of distribution of Ni, Co, Cr, Cu, Hg, Zn in ground deposits are considered. Their considerable excess (in tens times) in deposits of the lake Nizhny Telbin is established. The form of finding of heavy metals and their mobility are determined by the step-by-step extracts. The most of metals is connected with fraction of carbonates, oxides of Fe, Mn and organic substance. The assessment of extent of pollution of ground deposits of reservoirs and water currents of Kiev is carried out. For a total indicator of pollution (Zc) ground deposits of reservoirs and water currents of Kiev belong to poorly, medium and strongly polluted. Water objects of the left coast of the city are characterized by bigger pollution then the right coast.

ПРОБЛЕМИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 550.424:631.438

О.В. МАРІНЧ, О.Ю. ТИЩЕНКО

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ

ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКОГО РЕГІОНУ ПРИРОДНИМИ РАДІОНУКЛІДАМИ

Побудовано карти розподілу забруднення ґрунтів ураном та ^{210}Pb на території Дніпродзержинського промислового вузла. За розрахованими співвідношеннями активностей $^{210}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ встановлено переважające забруднення ґрунтів ураном порівняно з ^{210}Pb . Проведено попередню оцінку забруднення ґрунтів досліджуваної території ураном за коефіцієнтами концентрації. Високі значення коефіцієнтів концентрації виявлені як для ґрунтів, що знаходяться у межах санітарно-захисних зон хвостосховищ, так і для ґрунтів з пунктів опробування, значно віддалених від хвостосховищ.

Видобування уранової руди відкритим або шахтним способами пов'язане з підняттям на поверхню землі значної кількості руди, що містить підвищені відносно природного фону концентрації природних радіонуклідів – переважно урану з його дочірніми продуктами розпаду. Подальша переробка руди гідрометалургійними методами призводить до утворення багатотонажних відходів, так званої піщаної фракції, – подрібненої породи з низьким порівняно з вихідною рудою вмістом урану та високим вмістом продуктів його розпаду, серед яких важливе значення мають найбільш довгоживучі ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{210}Pb та ^{210}Po . На колишньому ВО «ПХЗ» такі відходи складували в основному у природних заглибленнях – відпрацьованих глиняних кар'єрах, балках, однак без облаштування протифільтраційних бар'єрів, які б запобігали водній міграції забруднювачів з хвостосховищ. Суттєву роль у радіонуклідному забрудненні об'єктів навколишнього середовища Дніпродзержинського промислового вузла (ДПВ) відіграють хвостосховища колишнього ВО «ПХЗ», у яких міститься близько 42 млн т відходів загальною активністю майже $3,14 \cdot 10^{15}$ Бк [1].

Для зменшення повітряної міграції забруднюючих речовин хвостосховища були вкриті шаром насипного матеріалу, який в основному представлений ґрунтом, будівельним, виробничим та побутовим сміттям (уламки цегли, бетону, щебінь, метал, деревина), а також промисловими відходами – фосфогіпсом і котельним шлаком. Проте, результати моніторингових досліджень за станом об'єктів навколишнього середовища у зонах впливу хвостосховищ, розміщених у Дніпродзержинському регіоні, [2] свідчать про розповсюдження матеріалу хвостосховищ на поверхню покриття внаслідок природних ерозійних процесів – утворення розломів у покрівельному шарі і порушенні покриття кореневою системою дерев, внаслідок чого спостерігається підвищення рівня забруднення радіонуклідами повітря та ґрунтів в санітарно-захисних зонах хвостосховищ (СЗЗ) та зонах спостереження.

Таким чином, хвостосховища колишнього ВО «ПХЗ» є джерелами постійного забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами, в тому числі природними радіонуклідами, внаслідок їх винесення водним та повітряним шляхами. Винесення ізотопів урану, ^{230}Th та ^{226}Ra відбувається переважно шляхом вилуговування їх з відходів природними водами, а також внаслідок пилового переносу матеріалу хвостосховищ при порушенні захисного покриття. Радіонукліди ^{210}Pb та ^{210}Po , котрі є найбільш довгоживучими продуктами розпаду ^{222}Rn , і разом з ним є найбільш значимими джерелами внутрішнього опромінення населення, також здатні до водної міграції, однак разом з цим для них характерний ще один важливий механізм перенесення, який

обумовлюється ексхалациєю радону з товщі хвостів на поверхню та його перенесенням з повітряними масами.

У статті наведено результати попереднього аналізу даних спостережень за радіонуклідним забрудненням ґрунтів Дніпродзержинського регіону природним ураном та продуктом розпаду урану – ^{210}Pb , яке має місце в результаті техногенного навантаження від господарської діяльності в регіоні, в тому числі й під впливом хвостосховищ внаслідок їх винесення водним та повітряним шляхами.

Аналіз даних проводився за такими напрямками:

- побудова карт забруднення ґрунтів ДПВ ураном та ^{210}Pb за даними лабораторних досліджень;
- розрахунок співвідношень $^{210}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ для виявлення процесів розподілу цих радіонуклідів, характерних для ґрунтів зони впливу хвостосховищ, а саме процесів переважального накопичення або міграції цієї пари радіонуклідів;
- виявлення забруднення ураном ґрунтів ДПВ за коефіцієнтами концентрації.

Відбір зразків ґрунту виконувався за допомогою ручного бура відповідно до вимог [3, 4] у 30 пунктах комплексних обстежень (рис. 1).

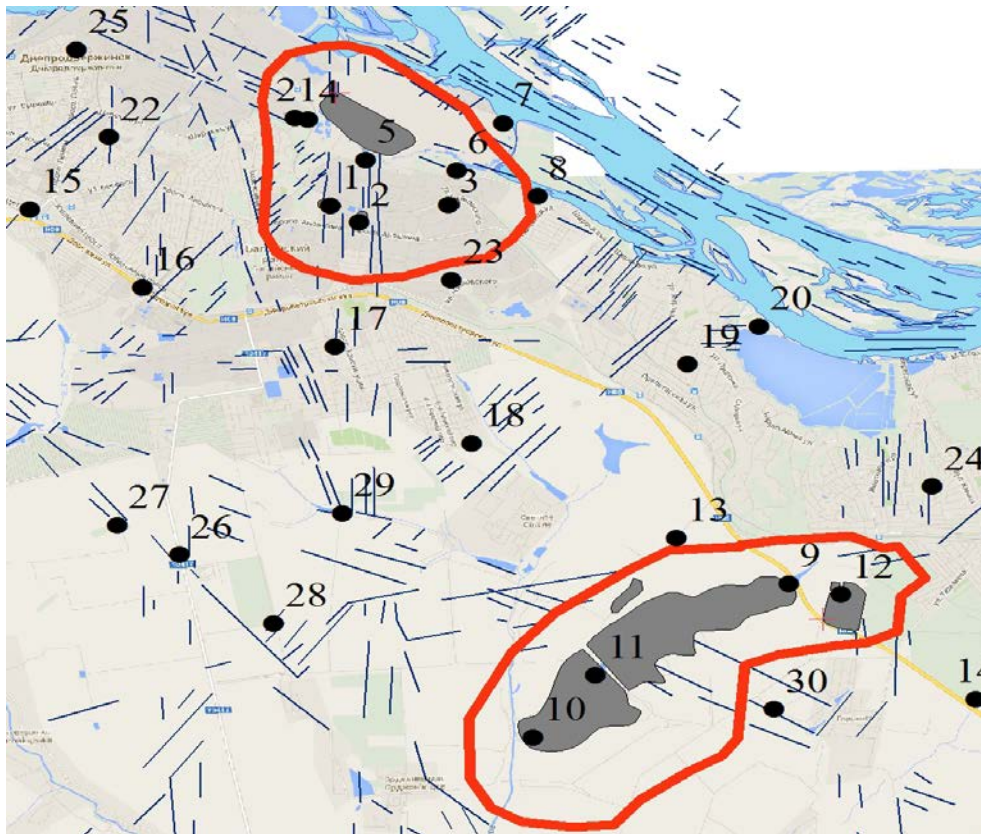


Рис.1. Схема розміщення точок відбору зразків ґрунту на території ДПВ. Контуром окреслено санітарно-захисні зони навколо хвостосховищ колишнього ВО «ПХЗ»

Зразки ґрунту відбиралися з глибини 1 м, для деяких точок додатково відбиралися зразки з глибини 2 м. Всього відібрано 38 зразків ґрунту масою 500 г кожен. Зразки були передані до Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, де проводилась їх пробопідготовка та лабораторні дослідження, а саме вимірювання загальної активності методами альфа-, бета- та гамма-радіометрії, вимірювання активності природних радіонуклідів методом гамма-спектрометрії та вимірювання активності ^{235}U та ^{210}Pb методом бета-спектрометрії [5]. У роботі наводяться дані, одержані за результатами бета-спектрометричних вимірювань. Вимірювання проводилися на низькофоновій установці СЕБ-01, яка призначена для визначення активності радіонуклідів з енергіями розпаду від 200 до 2500 КеВ. Похибка вимірювання

залежить від тривалості вимірювання, активності проби, енергії розпаду радіонукліду та вираховується програмним забезпеченням автоматично. Активність ^{235}U у зразках ґрунтів визначалась за виміряною активністю дочірнього ^{231}Th , який за даних умов перебуває у стані вікової рівноваги з материнським нуклідом. Активність ^{238}U розраховувалась за активністю ^{235}U виходячи з природного співвідношення цих ізотопів ($A(^{238}\text{U})/A(^{235}\text{U}) \approx 21$). Масова концентрація урану обчислювалась з використанням наступної формули:

$$m_j = \frac{A_j \cdot M_j \cdot T_{1/2}}{N_A \cdot \ln 2},$$

де m_j – маса j -го радіонукліду, г; A_j – активність радіонукліду, Бк; M_j – молярна маса радіонукліду, г/моль; $T_{1/2}$ – період напіврозпаду радіонукліду, с; N_A – стала Авогадро, моль $^{-1}$.

Загальна концентрація урану у ґрунті (мг/кг) розраховувалась як сума вмісту ізотопів ^{235}U і ^{238}U .

Активність ^{210}Pb у зразках ґрунтів визначалась за виміряною активністю дочірнього ^{210}Bi , який за даних умов перебуває у стані вікової рівноваги з материнським нуклідом.

На рис. 2 – 3 наведено карти забруднення ґрунтів ДПВ ураном та ^{210}Pb відповідно. Найвищі рівні забруднення ґрунтів цими радіонуклідами приурочені до хвостосховищ колишнього ВО «ПХЗ». Крім цього, було виділено наступні зони значного забруднення ґрунтів ураном: у селищі Таромське, житловому масиві «Соцмісто», біля Дніпровського металургійного комбінату. Забруднення ґрунтів ^{210}Pb крім територій хвостосховищ відмічене у зонах неподалік від центрального ринку та урочища Пісковате. Загалом, порівнюючи карти поширення цих радіонуклідів на території ДПВ, можна відмітити, що ділянки з підвищеним вмістом урану в ґрунтах більш компактні, тоді як зони поширення ґрунтів з підвищеним вмістом ^{210}Pb більш розтягнуті по досліджуваній території. Це може бути пов'язане з особливостями міграції цих радіонуклідів. Однак, одержані результати є орієнтовними через недостатню кількість експериментальних даних. Для більш детального дослідження забруднення ґрунтів природними радіонуклідами необхідно продовжити радіоекологічний моніторинг на даній території.

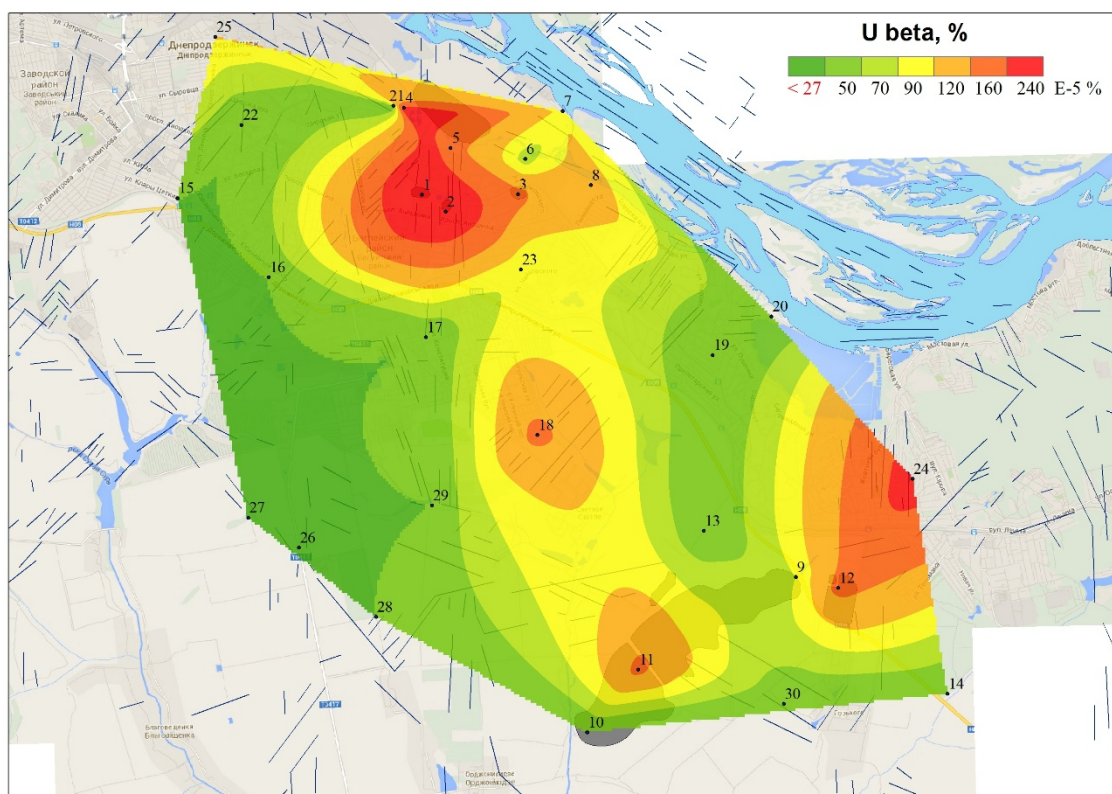


Рис. 2. Забруднення ґрунтів Дніпродзержинського промислового вузла ураном

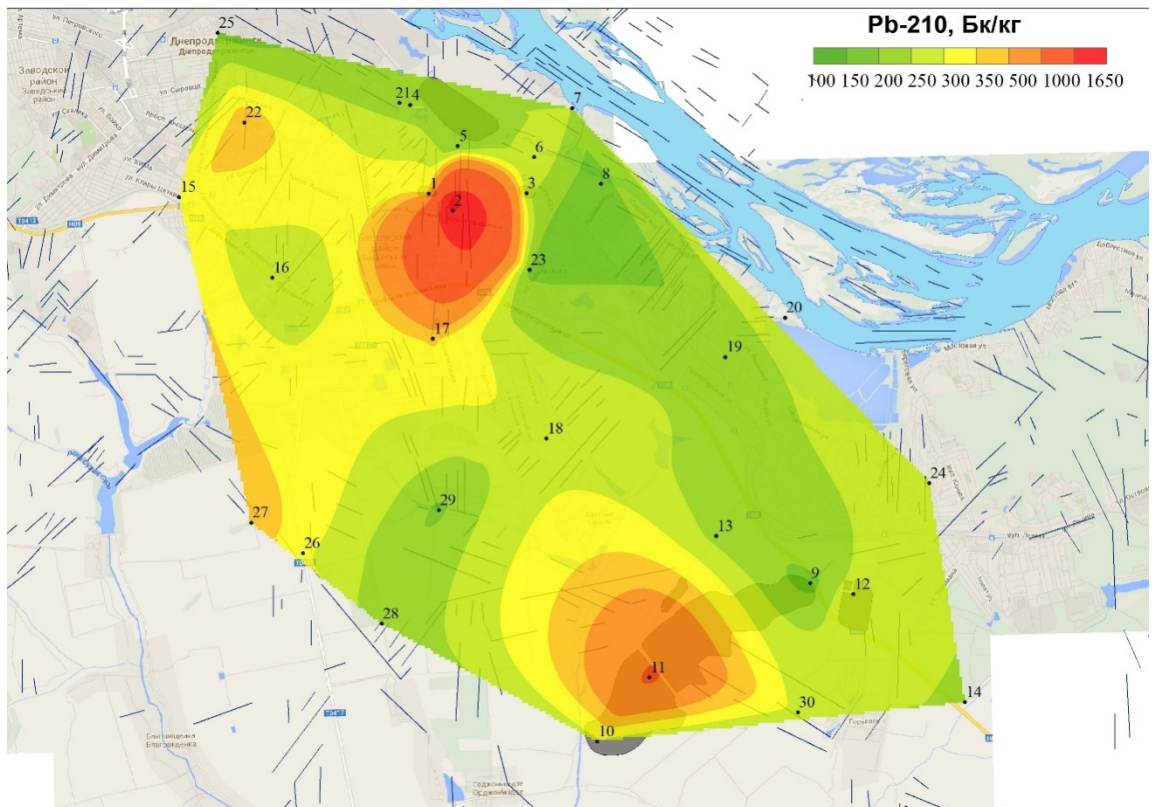


Рис. 3. Забруднення ґрунтів Дніпродзержинського промислового вузла ^{210}Pb

Радіонукліди уранового ряду в уранвмісних породах зазвичай перебувають в установлених вікових рівноважних співвідношеннях між собою, однак у ґрунті ці співвідношення дещо порушуються внаслідок різних швидкостей міграції радіонуклідів. Зокрема, для всіх типів ґрунтів спостерігається зсув радіоактивної рівноваги між ураном і радієм у бік відносного накопичення радію, що пов'язано з більшою розчинністю сполук урану в умовах ґрунтів [6]. Накопичення радію призводить до збільшення у ґрунті вмісту радону та його дочірніх продуктів розпаду, в тому числі ^{210}Pb . Так, у [6] наводяться узагальнені дані вмісту важких природних радіонуклідів у ґрунтах трьох типів: підзолистому, дерново-підзолистому та чорноземі вилуженому, визначені для різних шарів ґрунту від 0 до 120 см. Згідно з цими даними, валова концентрація ^{238}U у чорноземі вилуженому складає 11 Бк/кг на глибині 101 – 120 см, що відповідає масовій концентрації природного урану $8,9 \cdot 10^{-5} \%$, а валова концентрація ^{210}Pb для тих самих умов становить 20 Бк/кг. Отже, за відсутності техногенного навантаження за даних умов активність ^{210}Pb приблизно вдвічі більша за активність ^{238}U . Вплив техногенно підсиленних джерел природних радіонуклідів, якими є хвостосховища колишнього ВО «ПХЗ», може проявлятися у зміщенні природного співвідношення активностей ^{210}Pb і материнського ^{238}U у ґрунтах, що в свою чергу може бути використано як критерій забруднення ґрунтів цими радіонуклідами внаслідок їх міграції з хвостосховищ.

Результати розрахунків співвідношень $^{210}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ у ґрунтах ДПВ (таблиця 1) вказують на наявність порушення закономірності розподілу цих радіонуклідів. Для переважної більшості зразків характерні занижені відносно характерних для подібних умов значення цих співвідношень (менші за 2). Це може бути пов'язане або з посиленою міграцією ^{210}Pb з ґрунтів у підземні води, або, навпаки, із забрудненням ґрунтів ^{238}U . Лише для двох зразків ці значення були вищі за 2 (ґрунт з пунктів 6 і 11). Обидва зразки знаходяться у межах СЗЗ хвостосховищ (рис.1) що, ймовірно, і зумовлює таке порушення рівноваги у парі $^{210}\text{Pb}/^{238}\text{U}$.

Таблиця 1. Співвідношення $^{210}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ та коефіцієнти концентрації урану у зразках ґрунтів Дніпродзержинського промислового вузла за даними бета-спектрометричного аналізу

№ точк и	№ проби	Місцевість	A Pb-210, Бк/кг	A U-238, Бк/кг	A (Pb-210)/A (U- 238)	Kc (U)
1	1/14	Хв. Західне, біля св. 09-6 ЗП	299,6±171,4	293,1±282,8	1,0	17,8
2	2/14-1	Хв. Центральний Яр	351,5±131,5	263,5±118	1,3	16,0
	2/14-2		1701,9±275,7	766,1±163,2	2,2	46,6
3	3/14-1	Хв. Південно-Східне	211,3±168,6	157,7±161	1,3	9,6
	3/14-2		160,8±174	186,3±166,6	0,9	11,3
4	4/14	р. Коноплянка, біля зал. ст. «Правда»	204,4±170,3	258,8±289,6	0,8	15,8
5	5/14-1	р. Коноплянка, біля мосту на хв. Дніпровське	163,8±122,5	155,7±116,1	1,1	9,5
	5/14-2		148,7±135,9	225,4±145,2	0,7	13,7
6	6/14-1	р. Коноплянка, біля МЧС	243,4±120,5	71,4±111,4	3,4	4,3
	6/14-2		н.м.в. ¹	65,1±59,9	-	4,0
7	7/14	Біля впадіння р. Коноплянка в затоку р. Дніпро, АК «Демос»	199,7±113,8	103,6±95,2	1,9	6,3
8	8/14	Затока р. Коноплянка	104,4±119,3	131,2±114,8	0,8	8,0
9	9/14	Хв. Сухачівка-1	129,4±148,1	86,1±141,8	1,5	5,2
10	10/14-1	Поблизу хв. Сухачівка-2	240,5±197,5	н.м.в. ¹	-	<2
	10/14-2		268,3±175,8	140,6±169,9	1,9	8,6
11	11/14	Хв. Сухачівка-2 (тіло)	530,8±152,9	165,6±143,3	3,2	10,1
12	12/14-1	Сх. База С	261,6±176,3	151,0±162,2	1,7	9,2
	12/14-2		243,5±179,2	н.м.в.	-	<2
13	13/14-1	На місці колишнього пульпопроводу, поруч з хв. Сухачівка	132,0±171,8	н.м.в.	-	<2
	13/14-2		182,4±167,8	н.м.в.	-	<2
14	14/14-1	ЛЕП	188,6±177,4	н.м.в.	-	<2
	14/14-2		282,6±156,6	236,8±149,6	1,2	14,4
15	15/14	Залізничний вокзал, м. Дніпродзержинськ	н.м.в.	н.м.в.	-	<2
16	16/14	Вул. Дорожна	205,2±165,2	н.м.в.	-	<2
17	17/14	Пр-т Конституції	307,0±164,6	н.м.в.	-	<2
18	18/14	Вул. Чернігівська	248,1±168,9	160,8±158,4	1,5	9,8
19	19/14	Карнаухівка, вул. Вторая Пятилетка	181,5±149,9	н.м.в.	-	<2
20	20/14	Карнаухівка, затока Дніпра	н.м.в.	н.м.в.	-	<2
21	21/14	Біля заводу «Дніпроазот», м. Дніпродзержинськ	163,7±155,5	н.м.в.	-	<2
22	22/14	Вул. Республіканська (гаражний комплекс)	339,7±188,9	н.м.в.	-	<2
23	23/14	Дорога pobl. заводу КАРБАМІД-1. Трубопроводи	139,8±169,6	87,4±160	1,6	5,3
24	24/14	Вул. Гайова. Таромське	237,2±183,6	224,5±298,6	1,1	13,7
25	25/14	Магазин «АТБ»	137,6±167,9	113,1±157,8	1,2	6,9
26	26/14	Траса Т0417	259,5±185,3	н.м.в.	-	<2
27	27/14	Балка (притока р. Суха Сура), з'їзд з траси Т0417	335,7±166,5	н.м.в.	-	<2
28	28/14	Поблизу селища Орджонікідзе	173,0±170,9	н.м.в.	-	<2
29	29/14	Озеро	138,9±168,3	н.м.в.	-	<2

№ точк и	№ проби	Місцевість	A Pb-210, Бк/кг	A U-238, Бк/кг	A (Pb-210)/A (U- 238)	Kc (U)
30	30/14	Селище Долинське, на пд.-сх. від хв. Сухачівка	233,6±163,3	н.м.в.	-	<2

¹ – нижче межі виявлення за методикою

Для підтвердження того, що причина відхилення значень співвідношення $^{210}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ від характерного для подібних умов полягає у посиленій міграції ^{210}Pb , необхідні дослідження його міграційної поведінки в умовах даних об'єктів, які на даний час не проведені. Для підтвердження другої можливої причини такого відхилення, а саме підвищеного вмісту урану у ґрунтах, проводилось оцінювання рівня забруднення досліджуваних ґрунтів ураном за допомогою коефіцієнтів концентрації.

Оцінювання рівня забруднення ґрунтів населених пунктів здійснюється за показниками, розробленими при сумісних геохімічних і гігієнічних дослідженнях навколишнього середовища. Такими показниками є коефіцієнт концентрації хімічного елемента K_c та сумарний показник забруднення Z_c . Коефіцієнт концентрації елемента K_c визначається як відношення валового вмісту елемента у ґрунті до його фонового вмісту. Зазвичай оцінка рівня забруднення проводиться для верхнього, орного шару ґрунту.

У даній роботі рівень забруднення ураном ґрунтів досліджуваного регіону оцінювався за значеннями його коефіцієнту концентрації у ґрунтах, відібраних з глибини 1 м, тобто з шару, розміщеного нижче від орного, що дозволило також виявити наявність низхідної міграції досліджуваних нуклідів у ґрунтах.

У зв'язку з недоступністю даних фонового вмісту урану у ґрунтах Дніпродзержинського регіону, вибір значень цього показника для проведення розрахунків був здійснений з використанням літературних даних. Природний вміст урану у типових ґрунтах України коливається у межах від $3,5 \cdot 10^{-5}$ до $25,2 \cdot 10^{-5} \%$, проте у деяких випадках (в районах виходу гранітів) його вміст може досягати більш високих значень. Зокрема, для орного шару ґрунту Дніпропетровської області встановлено середнє значення $13,3 \cdot 10^{-5} \%$ [7]. Отже, для розрахунку коефіцієнтів концентрації урану у ґрунтах досліджуваного регіону було прийняте значення його фонової концентрації $13,3 \cdot 10^{-5} \%$.

Результати розрахунків коефіцієнтів концентрації урану у ґрунтах ДПВ свідчать про те, що у близько половині пунктів відбору проб спостерігається перевищення його фонової концентрації (табл. 1). Найбільші значення коефіцієнтів концентрації урану виявлені у ґрунтах, відібраних безпосередньо з хвостосховищ «Західне», «Центральний яр», «Південно-Східне», «Сухачівське». Досить високі коефіцієнти концентрації урану (максимальний 15,8) виявлені у зразках ґрунту, відібраного на березі р. Коноплянка поблизу хвостосховища «Дніпровське», що свідчить про міграцію урану за межі хвостосховища та потенційне забруднення поверхневих водойм ураном. Загалом перевищення двократного фонового вмісту приурочене до СЗЗ хвостосховищ. Однак для деяких зразків ґрунту (пункти 14, 18, 24 і 25), котрі знаходяться поза межами СЗЗ, відмічені високі коефіцієнти концентрації урану, що може бути пов'язане з міграцією урану з хвостосховищ на відстані, що перевищують розміри СЗЗ або з забрудненням ураном ґрунтів від інших джерел. Порівнюючи одержані результати для зразків ґрунту з глибини 1 м і 2 м, можна зазначити, що в деяких випадках спостерігається збільшення вмісту урану з глибиною, що може бути викликане міграцією урану з поверхневих шарів ґрунту у більш глибокі. Однак наявних даних недостатньо для остаточного підтвердження вертикальної міграції.

Висновки

1. Геопозиційний аналіз результатів лабораторних вимірювань дозволив виявити зони підвищеного вмісту урану і ^{210}Pb у ґрунтах Дніпродзержинського промислового

вузла. Ділянки з підвищеним вмістом урану в ґрунтах більш компактні, тоді як зони поширення ґрунтів з підвищеним вмістом ^{210}Pb більш розтягнуті по досліджуваній території, що може бути пов'язане з особливостями міграції цих радіонуклідів.

2. Для виявлення процесів розподілу ^{238}U та ^{210}Pb у ґрунтах зони впливу хвостосховищ розраховані співвідношення їх активностей. У переважній більшості випадків співвідношення $^{210}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ є нижчими від характерних значень для аналогічних умов. Це свідчить про переважаюче забруднення ґрунтів ураном порівняно з ^{210}Pb .

3. Перевищення двократного фонового вмісту урану у ґрунтах приурочене переважно до територій, що знаходяться в межах санітарно-захисних зон хвостосховищ, однак місцями спостерігається і на значно більшій відстані від хвостосховищ, що ймовірно пов'язано з наявністю інших джерел забруднення ґрунтів ураном або з міграцією урану з хвостосховищ на значні відстані.

4. Виявлено значне забруднення ураном ґрунтів, відібраних на березі р. Коноплянка поблизу хвостосховища «Дніпровське», що свідчить про його міграцію за межі хвостосховища та потенційне забруднення поверхневих вод ураном.

1. Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2007 році. – Київ: ДКЯР України, 2008. – 112 с.

2. “Виконання робіт згідно з програмами і регламентами радіаційного моніторингу”, звіт про НДР. / Войцехович О.В., Костеж О.Б., Скальський О.С. та ін. Центр моніторингових досліджень і природохоронних технологій. – Київ. – 2008.

3. Инструкция по отбору проб почв при радиационном обследовании загрязненной местности. – М., 1987.

4. Тимчасові вимоги до проведення комплексного моніторингу та оцінки радіологічної якості забруднених територій в різних ландшафтно-геохімічних зонах: Методичні рекомендації. – Київ., 1996.

5. Інформаційний звіт про виконання науково-дослідних польових та лабораторних робіт за темами: відомча цільова фундаментальна тема П-01-12 «Розробка науково-методичних основ вдосконалення системи радіаційно-екологічної безпеки об'єктів ядерно-паливного циклу»; науково-дослідна тема «Розробка та випробування нових технічних засобів та методик комплексного радіогеохімічного моніторингу типових об'єктів видобування та переробки уранової сировини» за договором №К-8-70/2014 з НАН України. – ДУ «ІГНС НАН України». – Київ, 2014. – 45 с.

6. Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: Миграция и биологическое действие на популяции и биогеоценозы / Р.М. Алексахин, Н.П. Архипов, Р.М. Бархударов и др. — М.: Наука, 1990. — 368 с.

7. Коваленко Г.Д., Рудя К.Г. Радиоекология Украины. Монографія. – Киев: ИПЦ «Київський університет», 2001. – 167 с.

1. Report on Nuclear and Radiation Safety in Ukraine in 2007. – Kyiv: Ukraine SCNR, 2008. - 112 p.

2. "Implementation of programs in accordance with regulations and radiation monitoring" reports on research. / Voitsekhovich O.V., Kostezh O.B., Skalskyi O.S. and others. Center for Monitoring Studies and pryrodohoronnyh technologies. - Kyiv. - 2008.

3. Instructions for soil samples on contaminated territory. - M., 1987.

4. Provisional requirements for a comprehensive monitoring and evaluation of the quality of radiological contaminated areas in different landscape-geochemical zones: Guidelines. - Kyiv., 1996.

5. Information report on the implementation of field research and laboratory work by themes: fundamental theme departmental Task П-01-12 «Development of scientific and methodological foundations improvement of radiation and environmental safety of the nuclear fuel cycle»; research topic "Development and testing of new techniques and methods of integrated radio-geochemical

monitoring of typical objects of extraction and processing of uranium ore" under the contract №K-8-70 / 2014 of the National Academy of Sciences of Ukraine. - SI "IEG NAS of Ukraine." - Kyiv, 2014. - 45 p.

6. Heavy natural radionuclides in the biosphere: Migration and biological impact on population and biocenosis / R.M. Aleksahyn, N.P. Arkhipov, R.M. Barkhudarov et al. - М.: Nauka, 1990. - 368 p.

7. Kovalenko G.D., Rudia K.G. Radioecology of Ukraine. Monograph. - Kiev: IPTS "Kyiv University", 2001. - 167 p.

А.В. Маринич, О.Ю. Тищенко

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ДНЕПРОДЗЕРЖИНСКОГО РЕГИОНА ЕСТЕСТВЕННЫМИ РАДИОНУКЛИДАМИ

Построены карты распределения загрязнения почв ураном и ^{210}Pb на территории Днепродзержинского промышленного узла. По рассчитанным соотношениями активностей $^{210}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ установлено преобладающее загрязнение почв ураном по сравнению с ^{210}Pb . Проведена предварительная оценка загрязнения почв исследуемой территории ураном по коэффициентам концентрации. Высокие значения коэффициентов концентрации обнаружены как для почв, находящихся в пределах санитарно-защитных зон хвостохранилищ, так и для почв из пунктов опробования, значительно удаленных от хвостохранилищ.

О. Marinich, O. Tyshchenko

SOIL CONTAMINATION OF DNIPRODZERZHINSK REGION BY NATURAL RADIONUCLIDES

Maps of uranium and ^{210}Pb distribution in soils of the Dniprodzerzhinsk industrial area were created. Using $^{210}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ratio it was found out that uranium contamination of soils is predominant over the ^{210}Pb contamination. Forward estimation of uranium contamination of soils at the area of interest was done using the concentration factors. High values of concentration factors were detected in soils in sanitary protection zones of tailings dumps, as well as in soils from sampling points which are disposed far from tailings dumps.

УДК 621.039

**О.В. АЛЕКСЄЄВА, В.М. БУРТНЯК, Ю.Л. ЗАБУЛОНОВ, Г.В. ЛИСИЧЕНКО,
Л.А. ОДУКАЛЕЦЬ**

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕНЕРГОБЛОКІВ АЕС НА ОСНОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ КОМПЛЕКСУ БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕПЛОНОСІЯ 1-ГО КОНТУРУ

У роботі обґрунтована необхідність створення нових технологій та технічних засобів для контролю та моніторингу теплоносія 1-го контуру АЕС в режимі реального часу. Приведені основні технічні характеристики створеного комплексу та його основні відмінності від існуючих прототипів.

Вступ

Атомна енергетика відіграє значну роль в економіці України, частка атомних електростанцій (АЕС) у виробництві електроенергії в Україні становить понад 45–50 %. Але сьогодні в Україні склалась ситуація, коли починаючи з 2010 року, майже щороку, добігає до кінця термін експлуатації одного з ядерних енергоблоків. Враховуючи це, згідно документу «Енергетична стратегія України до 2030 року», прийнято рішення щодо подовження експлуатації ядерних енергоблоків у понадпроектний термін. Подовження термінів експлуатації АЕС є стратегічно важливим завданням, яке може забезпечити виробництво електроенергії на досягнутому рівні.

При подовженні термінів експлуатації енергоблоків зростає ризик та ймовірність виникнення аварійної ситуації на АЕС, що створює потенційну ядерну і радіаційну загрозу для навколишнього середовища. Тому обов'язковою умовою подовження термінів експлуатації діючих енергоблоків є забезпечення рівня безпеки, який відповідає чинним нормативним документам.

Одним з важливих чинників, які треба враховувати для забезпечення подовження ресурсу і безпеки роботи АЕС визначається можливістю своєчасного проведення заходів по запобіганню, виявленню та усуненню можливих аварійних ситуацій. Найбільш ефективним методом виявлення передаварійного стану енергоблоку АЕС є безперервний радіаційний контроль технологічних процесів. Процес радіаційного контролю буде найбільш ефективним, якщо він здійснюватиметься в тих місцях, де існує найбільш велика потенційна можливість виявлення передаварійної ситуації [1]. Таким місцем в системі АЕС є теплоносій 1-го контуру, причому парогенератори АЕС з реакторами типу ВВЕР, а точніше їх теплообмінні трубки і колектори, є одним з найважливіших бар'єрів, які перешкоджають поширенню радіонуклідів в оточуюче середовище. У процесі експлуатації парогенераторів може відбутися порушення щільності теплообмінних трубок або колекторів, що може призвести до протікання теплоносія 1-го контуру у воду і технологічні середовища 2-го контуру. До причин, які можуть негативно вплинути на безпечну експлуатацію АЕС, відносяться як протікання теплоносія 1-го контуру, так і підвищення питомої активності радіонуклідів у воді парогенераторів.

Безперервний контроль потужності дози радіаційного випромінювання теплоносія 1-го контуру дозволить діагностувати відхилення від режимів нормальної експлуатації енергоблоку та провести своєчасні відповідні заходи персоналом для усунення недоліків.

Таким чином, вирішення цього завдання потребує створення більш чутливих способів виявлення радіоактивних речовин в контрольованому теплоносії 1-го контуру. Зважаючи на те, що контроль теплоносія треба здійснювати в режимі реального часу, є реальна потреба у збільшенні ефективності контролю, що передбачає підвищення достовірності способу виявлення порушення щільності обладнання.

Особливості контролю

Головною вимогою до контролю об'ємної активності гамма-випромінюючих радіонуклідів, що можуть потрапити у теплоносії, який циркулює по технологічним трубопроводам 1-го контуру АЕС з реактором типу ВВЕР, є те, що контроль повинен бути безперервним з визначенням активності радіонуклідів у реальному часі. Ці особливості контролю, а також високі рівні радіаційного випромінювання не дозволяють використовувати серійну апаратуру аналізу гамма-випромінювання. Тому для безперервного контролю об'ємної активності гамма-випромінюючих радіонуклідів в теплоносії 1-го контуру необхідні системи, які дозволяють проводити аналіз та вимірювання активності з високим рівнем автоматизації та адаптації.

Вимірювальна апаратура розміщується в безпосередній близькості від трубопроводу, має у своєму складі камеру накопичення, яка під'єднана до трубопроводу через байпас з теплообмінником. Процес вимірювання починається з наповнення камери накопичення рідиною з трубопроводу 1-го контуру. Реєстрація радіоактивних ізотопів, що містяться в рідині, проводиться сцинтиляційним детектором. Зареєстровані імпульси, амплітуда яких прямо пропорційна енергії гамма-квантів, оброблюються в мікропроцесорному блоці у 1024-канальні енергетичні спектри у реальному часі. Для мінімізації впливу коливань температури зовнішнього середовища в детектор вбудовано датчик температури, який забезпечує стабілізацію усього вимірювального тракту. Мікропроцесорний блок за допомогою відповідних алгоритмів обробляє енергетичні спектри в заданих енергетичних інтервалах та обчислює у реальному часі необхідні параметри, що дозволяє отримати оцінку об'ємної гамма-активності (ОА) теплоносія. При цьому алгоритмічно забезпечується аналіз та контроль статистичної достовірності одержаних даних.

Для оцінки герметичності тепловиділяючих збірок можна використати інформацію щодо витоку продуктів поділу з-під оболонки твелів, яку можна отримати, вимірюючи та аналізуючи активність певного набору реперних нуклідів. В якості таких продуктів поділу вибираються ті нукліди, які є летючими або газоподібними і мають не більше одного летючого або газоподібного "попередника". Вони повинні надійно ідентифікуватися і відносно легко вимірюватися у воді, а також слабо сорбціюватися на поверхнях обладнання 1-го контуру. Згідно з публікаціям [2–3] до числа реперних для контролю герметичності оболонок твелів віднесені наступні радіонукліди: ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{134}I , ^{135}I , ^{139}Ba , ^{91}Sr і ^{92}Sr .

Для реакторів типу ВВЕР при герметичних оболонках твелів основний внесок у загальну активність теплоносія 1-го контуру дають наступні нукліди: ^{24}Na , ^{42}K , ^{18}F , ^{13}N , ^{41}Ar , ^{122}Sb , ^{124}Sb , ^{187}W , ^{75}Se , ^{38}Cl , ^{82}Br та ін. В табл. 1 представлені дані про радіонукліди та їх призначення для оцінки стану реактора.

Таблиця 1. Групи реперних радіонуклідів для безперервного радіаційного технологічного контролю

Призначення радіонуклідів	Основні реперні радіонукліди	Додаткові реперні радіонукліди
Оцінка поверхневого забруднення активної зони	^{139}Ba , ^{140}Ba , ^{141}Ba , ^{142}Ba , ^{91}Sr , ^{92}Sr	^{139}Cs , ^{140}La , ^{141}Ce , ^{143}Ce , ^{144}Ce , ^{239}Np
Контроль герметичності оболонок тепловиділяючих збірок	^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{134}I , ^{135}I , ^{133}Xe , ^{135}Xe , ^{138}Xe , $^{85\text{m}}\text{Kr}$, ^{87}Kr , ^{88}Kr	^{89}Kr , ^{89}Rb , $^{135\text{m}}\text{Xe}$, ^{137}Xe
Визначення вмісту технологічних домішок в теплоносії реактора	^{24}Na , ^{42}K , ^{41}Ar , ^{7}Be , ^{38}Cl , ^{82}Br , ^{124}Sb , ^{187}W	^{122}Sb , ^{75}Se , ^{76}As , ^{182}Ta
Розрахунок аерозольних викидів, обумовлених негерметичністю 1-го контуру	^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{131}I , ^{133}I , ^{135}I , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{99}Mo , ^{239}Np	$^{99\text{m}}\text{Tc}$
Оцінка вмісту продуктів корозії в	^{58}Co , ^{60}Co , ^{59}Fe , ^{65}Ni ,	^{97}Zr , ^{97}Nb , ^{65}Zn , $^{69\text{m}}\text{Zn}$

теплоносії реактора	^{110m}Ag , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{56}Mn	
Оцінка і контроль технологічних параметрів реактора	^{16}N , ^{19}O	

Для підвищення чутливості апаратури аналізу теплоносія 1-го контуру використовуються оригінальні авторські запатентовані методи та алгоритми: метод динамічного аналізу [4] та метод аналізу нестационарності радіаційних полів та виявлення раптової появи джерела іонізуючого випромінювання [5].

Результати вимірювань і допоміжна інформація (стан тривоги, тести, тощо) передаються по каналу передачі даних RS485 в персональний комп'ютер (ПК). Діапазон вимірювань об'ємної активності знаходиться у межах від $3,7 \times 10^7$ Бк/м³ до $3,7 \times 10^{13}$ Бк/м³. Після кожного циклу вимірювання одержані значення об'ємної активності порівнюються з установленими порогоми сигналізації. Перевищення одного з цих порогів активує один або 2 реле сигналізації мікропроцесорного блоку.

Основні функції і компоненти системи

Аналіз вимог, що висуваються до сучасних технічних засобів неруйнівного безперервного контролю теплоносія 1-го контуру АЕС показує, що прилад повинен мати певні функціональні можливості [6]:

1. Автоматизований відбір рідини з охолоджуючих трубопроводів 1-го контуру енергоблоку АЕС (управління запірною арматурою, заповнення рідиною камери вимірювання).

2. Управління реєстрацією, візуалізацією і попередньою обробкою сигналів в режимі реального часу:

- вибір порогу реєстрації;
- вибір інтервалів заповнення рідиною вимірювальної камери;
- використання заданого часу накопичення даних;
- збереження і відображення параметрів збору даних (дата, час, тривалість реєстрації, ідентифікатор вимірювання);
- запис серії незалежних вимірювань (блоків даних) у архівний файл;
- установка текстових міток при записі даних вимірювання (дані ідентифікації);
- ведення та зберігання текстової інформації (примітки, протокол вимірювань) для кожного вимірювання.

3. Обробка даних, які поступили з детектора:

- виявлення наявності додаткової (відмінної від фонові) радіоактивності в спектрі;
- обчислення інтегрального значення об'ємної активності рідини, яка знаходиться в камері вимірювання;
- обробка спектрів та ідентифікація радіоактивних ізотопів;
- обчислення об'ємної активності ідентифікованих ізотопів.

4. Візуалізація даних:

- візуалізація ідентифікованих ізотопів та значень їх ОА у режимі реального часу;
- графічне представлення даних вимірювання (ПК);
- вибір довільного набору каналів для відображення (ПК);
- незалежне позиціонування та масштабування графіків (ПК);
- зміна кольору і стилю графіків і сітки (ПК).

5. Редагування даних:

- можливість виділення ділянки даних для редагування і аналізу;
- проріджування і усереднення даних за часом;
- коригування даних з використанням статистичних значень.

6. Математична обробка даних:

- цифрова обробка сигналів в режимі реального часу;
- велика бібліотека функцій цифрової обробки сигналів;

7. Аналіз даних:

- ідентифікація радіонуклідного складу проведеного вимірювання;
- побудова трендів флуктуацій вимірювань ідентифікованих радіонуклідів в часі

(ПК).

8. Зберігання, імпорт і експорт даних.

Сучасний прилад – спектрометр γ -випромінювання теплоносія 1-го контуру повинен забезпечувати високий рівень автоматизації контролю, мати високі спектрометричні параметри, сучасні програми обробки даних, незначну вартість та забезпечувати тривалий термін автономної роботи.

В рамках даного проекту був розроблений експериментальний комплекс для моніторингу і контролю в режимі реального часу теплоносія 1-го контуру. До складу устаткування комплексу включені апаратні засоби, що дозволяють проводити вимірювання та ідентифікацію в теплоносії об'ємної активності рідини, а саме спектрометр γ -випромінювання і мікропроцесорний контролер для проведення обчислень в реальному часі.

Структура комплексу безперервного контролю теплоносія 1-го контуру АЕС показана на рис. 1, а його технічні характеристики – в табл. 2.

Комплекс складається з наступних блоків:

- вимірювальний вузол: камера для накопичення рідини і гамма-датчика NaI (TI);
- мікропроцесорний блок, який перетворює і обробляє імпульси, отримані від детектора, збирає їх у реальному часі в 1024-канальний енергетичний спектр;
- розподільний блок каналу зв'язку між мікропроцесорним блоком й іншим клієнтом;
- блок сигналізації – для звукової й колірної сигналізації;
- блок високовольтного живлення детектора;
- портативний комп'ютер – для візуалізації за допомогою спеціального програмного забезпечення параметрів, що характеризують стан реакторного обладнання

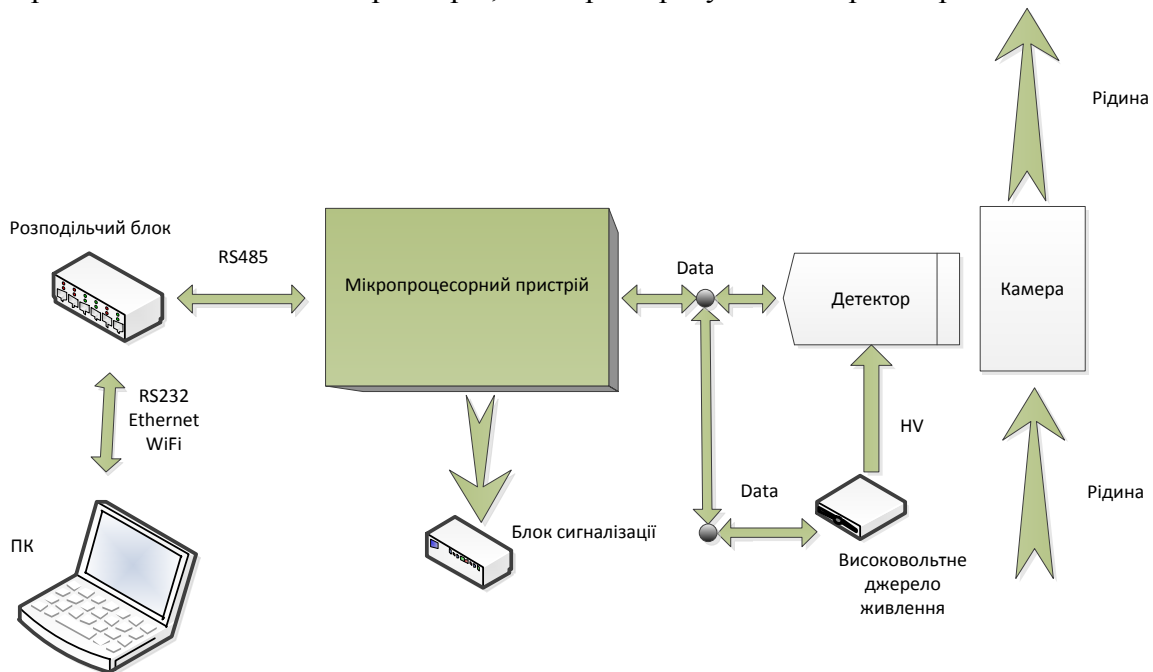


Рис. 1. Блок-схема системи

Таблиця 2. Технічні характеристики пристрою

Умови контролю:	температура – $10 \div 40$ °С тиск – до 7 бар
Потужність експозиційної дози гамма-випромінювання	до 10^7 Р/час
Межа основної похибки при вимірюванні активності Cs-137	± 20 %
Діапазон енергій	Від 100 кеВ до 2,2 МеВ
Рівень власного фону становить	5 ± 2 імп/с
Детектор	NaI (ТІ)
Час встановлення робочого режиму	не більше 30 хв
Нестабільність імпульсного потоку на виході за час безперервної роботи протягом 24 год	± 5 %
Напрацювання на відмову	не менше 20000 годин
Робота при максимальній температурі 50 °С	не менше 10 годин
Напруга живлення	12 В
Класифікація	класу 1Е

Вимірювальний вузол призначений для безперервного вимірювання рівня гамма-випромінювань рідини охолоджувача 1-го контуру і визначення її радіонуклідного складу. Вузол складається з камери для накопичення рідини і сцинтиляційного детектора NaI. Камера накопичення рідини встановлюється у трубопроводі й під'єднується до нього через спеціальні патрубки.

Такий комплекс відрізняється від існуючих прототипів наступними характеристиками:

- можливість роботи в умовах підвищення радіаційного фону;
- проведення безперервних вимірювань;
- час заповнення камери, тривалість вимірювання і пауза між вимірюваннями регулюються оператором;
- збереження вимірних спектрів в незалежній пам'яті (1 Гб пам'яті – більше ніж 6 місяців безперервної роботи);
- візуалізація інтегральних і усереднених вимірних значень;
- побудова графіків трендів γ -випромінювання ізотопів, які контролюються;
- ведення бази даних вимірювань;
- формування звітів;
- документування інформації;
- видача узагальненого сигналу про перевищення гранично допустимого рівня ОА;
- передача результатів вимірювань на відстань;
- діагностика технічних засобів комплексу;
- дистанційне керування технічними засобами комплексу

При розробці комплексу були застосовані нові ідеологічні, технічні та технологічні принципи побудови приладів відповідного типу. Розроблений прилад характеризується:

- високим рівнем інтелектуалізації процесу вимірювань;
- наявністю функції автоматичного калібрування;
- алгоритмічною корекцією помилок;
- лінеаризацією вимірювальних характеристик;
- адаптацією до різних умов проведення вимірювань;
- автоматичним миттєвим виявленням сигналів, які представляють інтерес, з фонових за певними ознаками.

Зовнішній вигляд комплексу показаний на рис. 2

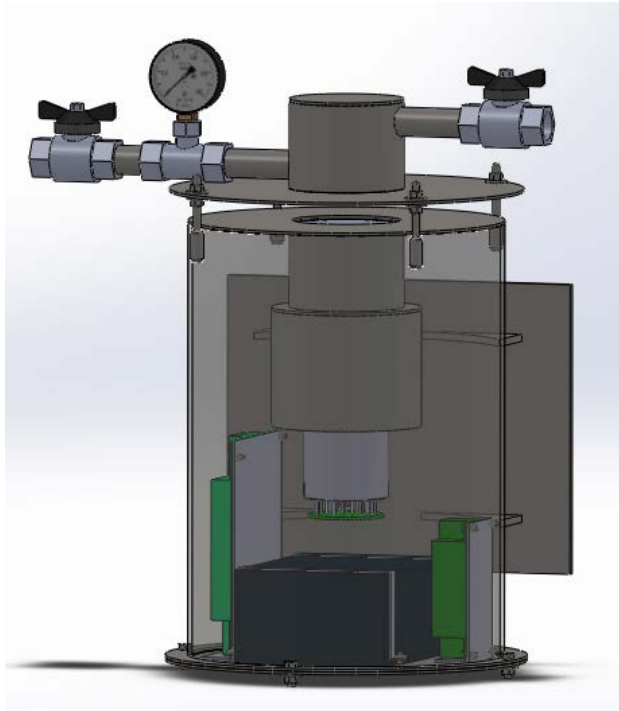


Рис. 2. Зовнішній вигляд комплексу

Висновки

1. Створено експериментальний зразок монітора для вимірювання γ -випромінювання теплоносія 1-го контуру АЕС.
2. Прилад може надійно працювати без участі оператора протягом тривалого періоду, від автономного джерела живлення, і дозволяє отримувати тренди даних з ОА теплоносія, має низьку вартість, що забезпечує можливість масового тиражування.
3. Забезпечується висока надійність контролю, оскільки інтервал між послідовними вимірюваннями в одній точці може бути зведеним до мінімального значення.
4. Прилад може бути використаний як базовий елемент автоматизованої системи безперервного контролю радіаційної безпеки на АЕС.
5. Удосконалення та впровадження нових інструментальних засобів аналізу теплоносія 1-го контуру АЕС забезпечить можливість здійснення дистанційного контролю й моніторингу та створить умови для виключення «людського фактору» при прийнятті важливих рішень для підвищення радіаційної безпеки.

1. Аспекты радиационной защиты при проектировании атомных электростанций. Серия норм МАГАТЭ по безопасности, №8-0-1.13. – ВЕНА, 2008.
2. Бабенко В.В., Берлізов О.М., Малюк І.А. та ін. Питома активність гамма-випромінюючих радіонуклідів в теплоносії 1-го контуру ядерних реакторів типу ВВЕР-1000. Методика виконання вимірювань з використанням спектрометричного комплексу СТПК-01 // Свідоцтво про атестацію МВВ № 7-30-05. – Національний науковий центр "Інститут метрології", 2005. – 33 с.
3. Лузанова Л.М., Мигло В.М., Славягин П.Д. Выход радиоактивных ПД в теплоноситель первого контура работающего реактора типа ВВЭР // Атомные ЭС / Под ред. Л.М. Воронина. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – Вып. 9. – С. 124.
4. Забулонов Ю.Л., Лисиченко Г.В., Коростиль Ю.М., Макарец Н.В. Основные положения метода динамического анализа нестационарных радиационных полей // 3б.

наук. пр. Інституту проблем моделювання в енергетиці НАНУ. – Київ, 2005. – Вип. 29. – С. 88–93.

5. Забулонов Ю.Л., Золкин И.О., Давизинюк М.М., Гончаренко Ю.Ю. Виявлення нестационарних джерел радіаційного випромінювання шляхом застосування інформаційного методу // Науково-технічний журнал «Сучасний захист інформації» – Київ. – № 2. – 2011. – С. 100–106.

6. Забулонов Ю.Л., Буртняк В.М., Одукалець Л.А. Нові підходи до створення систем моніторингу радіаційного стану на АЕС // Зб. наук. статей «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин». – Київ, 2009. – С. 270–274.

1. Aspects of Radiation Protection in the design of nuclear power plants. A series of IAEA Safety Standards, №8-0-1.13. - VIENNA, 2008.

2. Babenko V.V., Berlizov A.M., Maliuk I.A. and others. The specific activity of gamma emitting radionuclides in the coolant circuit of the 1st nuclear reactors VVER-1000. Methods of measurement using spectrometric complex STPK-01 // certificate of attestation MVI № 7-30-05. - National Scientific Centre "Institute of Metrology", 2005. - 33 p.

3. Luzanova L.M., Miglo V.M., Slavyagin P.D. Out of radioactive PD in the primary coolant of operating VVER reactor type // Nuclear Electric / Ed. L.M. Voronin. - M.: Energoatomizdat, 1987. - Vol. 9. - p. 124.

4. Zabulonov YL, Lisichenko GV Korostil YM, Makarets NV The main provisions of the dynamic analysis of non-stationary radiation fields // Coll. Science. pr. Institute of Modelling Problems in Energetics of NASU. - Kyiv, 2005. - Vol. 29. - P. 88-93.

5. Zabulonov Yu., Zolkin I., Diviziniuk M.M., Goncharenko Yu. Detection of non-stationary radiation sources through the use of information method // Scientific and technical journal "Current information protection" - Kyiv. - № 2. - 2011. - p. 100-106.

6. Zabulonov Yu., Burtnyak V., Odukalets L. New approaches to the creation of monitoring the radiation situation at the NPP // Coll. Science articles "Life and safety of structures, buildings and machines." - Kyiv, 2009. - P. 270-274.

Е.В. Алексева, В.М. Буртняк, Ю.Л. Забулонов, Г.В. Лисиченко, Л.А. Одукалец
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС НА БАЗЕ ВНЕДРЕНИЯ
КОМПЛЕКСА НЕРАЗРУШИТЕЛЬНОГО НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ
ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ 1-ГО КОНТУРА

В работе обоснована необходимость создания новых технологий и технических средств контроля и мониторинга теплоносителя 1-го контура АЭС в режиме реального времени. Приведены основные технические характеристики созданного комплекса и его основные отличия от существующих аналогов.

E. Alekseeva, V. Burtnyak, Y. Zabulonov, G. Lisichenko, L. Odukalets
IMPROVING SAFETY NPP UNITS BASED ON APPLICATION OF NON-
DESTRUCTIVE COMPLEX CONTINUING CONTROL COOLANT 1-ST CIRCUIT

In this paper, the necessity of creating new technologies and means of controlling and monitoring the coolant circuit of the 1st nuclear power plant in real time. The main technical specifications of creating complex and its main differences from the existing analogue.

УДК 550.4:574.3

**С.Б. КРАСНОВ, К.Є. ПЕРКАТИЙ, О.Ю. ТИЩЕНКО, Ю.Є. ТИЩЕНКО,
Ю.В. ЮСЬКІВ**

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РАДІОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕРИТОРІЇ ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКОГО ПРОМИСЛОВОГО ВУЗЛА

У статті засобами комп'ютерного картографування відображені основні результати комплексних радіоекологічних досліджень, проведених на території зони впливу Державного підприємства «Бар'єр» у місті Дніпродзержинськ.

З розвитком технологій і зростанням суспільної значущості екології все більшої актуальності набувають питання розробки і вдосконалення систем захисту навколишнього природного середовища. Одним з важливих напрямів цього процесу є екологічна безпека радіаційно-забруднених об'єктів та територій.

У статті описані основні результати проведених у 2014 р. ДУ «ГНС НАН України» науково-дослідних робіт за двома темами [1].

Засноване в 1946 р. підприємство «Завод шлакових добрив» (завод № 906), пізніше перейменоване у Виробниче об'єднання «Придніпровський хімічний завод» (ВО «ПХЗ»), до 1972 р. займалося збагаченням урану (виробництво його закису-окису). На заводі перероблялось 65 % уранових руд Радянського Союзу [2]. Внаслідок цієї діяльності в околицях міста Дніпродзержинськ були накопичені величезні обсяги радіоактивних відходів, які розміщувались на звалищах без належного захисту навколишнього середовища. З часом, усвідомлення радіаційної загрози призвело до розробки методів утилізації радіоактивних хвостів і відходів в кар'єри.

Пізніше відбулось розчленування заводу на декілька підрозділів. Першим було відділено Державне підприємство (ДП) «Бар'єр», яке займалося доглядом за місцями захоронення відходів, створивши на території підприємства та за його межами три сховища і шість хвостосховищ: «Західне», «Центральний яр», «Південно-Східне», «Дніпровське», які об'єднані в Дніпродзержинський майданчик, а також «Сухачівське-I» і «Сухачівське-II» і сховища «Лантанова фракція», «Доменна піч-6» та «База С», об'єднані в Сухачівський майданчик, і цех для отримання окису-закису урану з азотнокислих розчинів (будівля 1 № 03) [3–6].

Загалом в хвостосховищах за весь час роботи ПХЗ було накопичено до 42 млн т продуктів переробки уранових руд. Така кількість не може не нести небезпеки для радіаційної безпеки місцевості. У зв'язку з цим КМУ 26.11.2003 р. було затверджено Державну програму приведення небезпечних об'єктів ВО «ПХЗ» в екологічно безпечний стан і забезпечення захисту населення від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання № 1846.

Одним з головних факторів незадовільного екологічного стану м. Дніпродзержинськ є велика кількість радіоактивних відходів переробки уранових руд. Основний обсяг захоронень знаходиться на території ДП «Бар'єр», у зв'язку з цим щільність пунктів моніторингу тут найбільша. План проведення польових робіт ДУ «ГНС НАН України» (червень-липень 2014 р.) був підготовлений з урахуванням результатів попередніх радіоекологічних досліджень 2009-2013 років [2, 5, 6]. При цьому район досліджень суттєво розширений для отримання більш повної інформації про радіоекологічну ситуацію та підвищення об'єктивності даних про радіаційне забруднення території ДП «Бар'єр» і прилеглих ділянок.

Відповідно до поставлених завдань ДУ «ГНС НАН України» проведені науково-дослідні польові та лабораторні роботи з визначення і нанесення на карти небезпечних зон радіаційного забруднення.

У рамках цих робіт виконані комплексні дослідження радіаційних показників навколишнього середовища у зоні діяльності ДП «Бар'єр» з метою оцінки потенційного коротко- та довгострокового радіоекологічного впливу на довкілля хвостосховищ і сховищ відходів уранового виробництва колишнього ПХЗ.

Дослідження включали:

- відбір проб;
- радіаційні польові та лабораторні аналітичні дослідження;
- обробка, узагальнення та аналіз результатів досліджень з визначенням ділянок підвищеного радіоекологічного ризику;
- комп'ютерне картографування результатів досліджень.

Визначення радіаційного стану території проведено шляхом вимірювань:

- потужності дози гамма-випромінювання (ПДГВ) середовища на СРП-88Н та ґрунту на СРП-68-02;
- потужності еквівалентної дози іонізуючого гамма-випромінювання (ПЕД) на СКС-01 «Вектор»;
- щільності потоку радону-226 (ЩПР) з поверхні ґрунту на радіометрі радону «Альфарад +»;
- лабораторних гамма-спектрометричних аналізів проб ґрунту на аналізаторі багатоканальному амплітудному АМА-02-Ф1 з детектором ДГДК-80.

Всього виконані польові вимірювання і відбір проб ґрунтів у 30 пунктах (рис. 1).

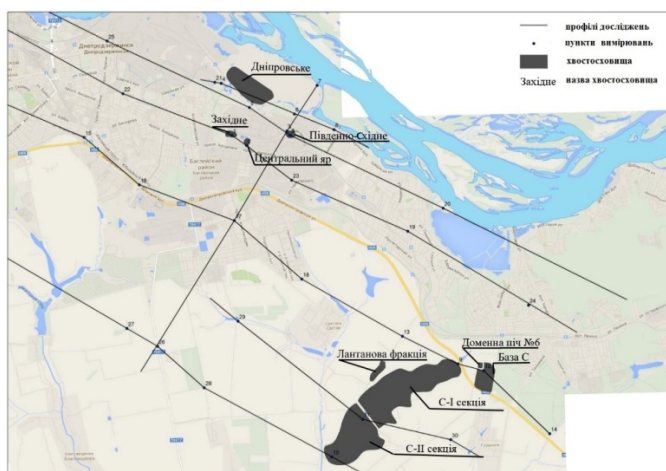


Рис. 1. Територія радіоекологічних досліджень (профілі й пункти комплексних опробувань)

Координатна супутникова прив'язка проведена за допомогою GPS приймача Trimble Juno 3В.

Отримані результати досліджень представлені на створених комп'ютерних картах території (рис. 2–13). Для аналізу впливу хвостосховища на загальну картину радіоекологічної ситуації території досліджень за деякими результатами також побудовані карти без урахування результатів, отриманих на об'єктах захоронення радіоактивних відходів.

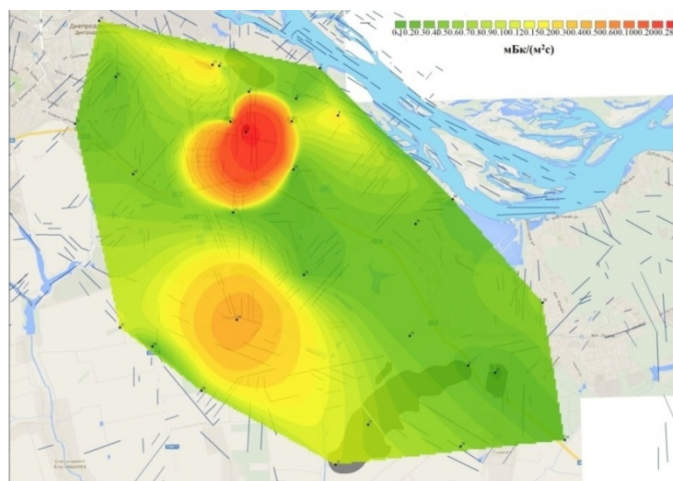


Рис. 2. ЩПР з поверхні ґрунту (з урахуванням проб на територіях хвостосховищ)

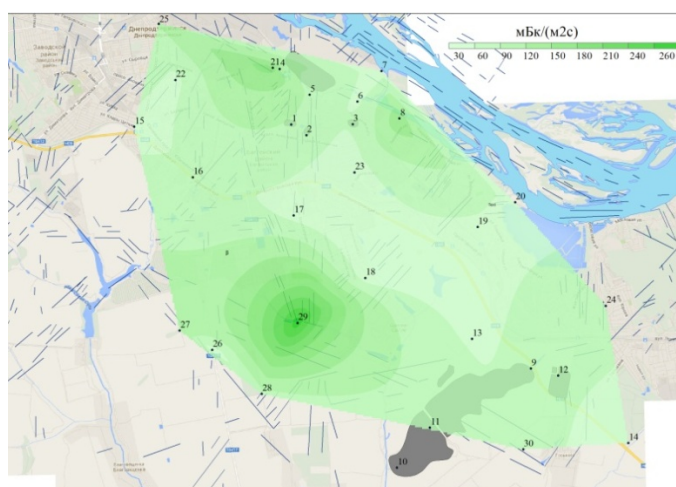


Рис. 3. ЩПР з поверхні ґрунту (з виключенням проб на територіях хвостосховищ)

Як бачимо з рисунків, найбільша концентрація радону виявлена на хв. «Центральний яр» (2955 мБк/кг), що майже у 40 разів перевищує допустимі показники. Порівнюючи дані моніторингу ДУ «ГНС НАН України» з даними ДП «Бар'єр» можна зробити висновок, що саме в «Центральному ярі» наявна велика кількість радію, продуктом розпаду якого є радон. Територія «Центрального яру» має характеристики, сприятливі для підняття радону у верхні шари ґрунту: висока густина лісового покриву і розсипчастий ґрунт сприятливі для інтенсивної міграції радону. Варто зазначити що невисокі показники ЩПР в інших пунктах, особливо поблизу сусідніх хвостосховищ, пов'язані з наявністю захисного шару, який створений ДП «Бар'єр» в процесі виконання поставлених державою завдань з мінімізації проявів радіаційного забруднення території. Шар з глини і гравію, розміщений над захороненням радіоактивних відходів, суттєво зменшує можливість прояву радону на поверхні ґрунту. Як видно на карті ці показники суттєво менші на хв. Західному, Південно-Східному і Дніпровському.

Ще одна ділянка з високими ЩПР розташована біля заводу «Дніпро-Азот», що може бути спричинено наявністю розломів, які з'єднують цю точку з «Центральним яром». В інших пунктах радон наявний в незначних кількостях чи не проявляє себе на поверхні з причин фізичних характеристик ґрунтового покриву.

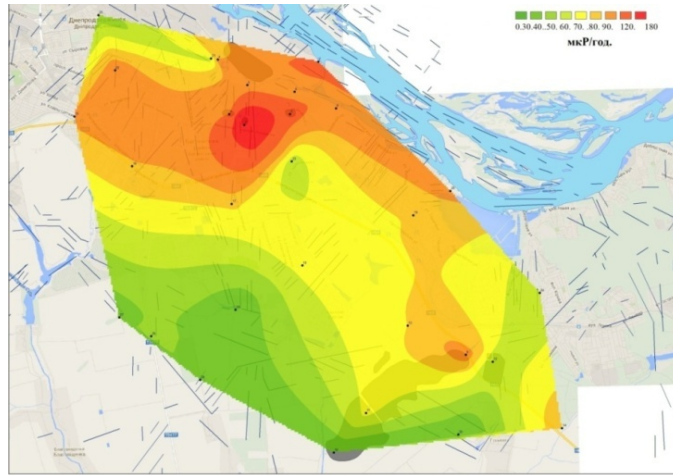


Рис. 4. ПДГВ поверхневого шару ґрунту (з урахуванням проб на територіях хвостосховищ)

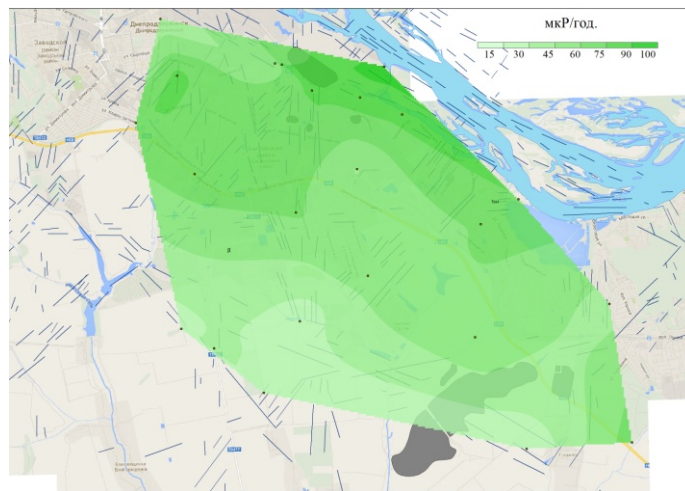


Рис. 5. ПДГВ поверхневого шару ґрунту (з виключенням проб на територіях хвостосховищ)

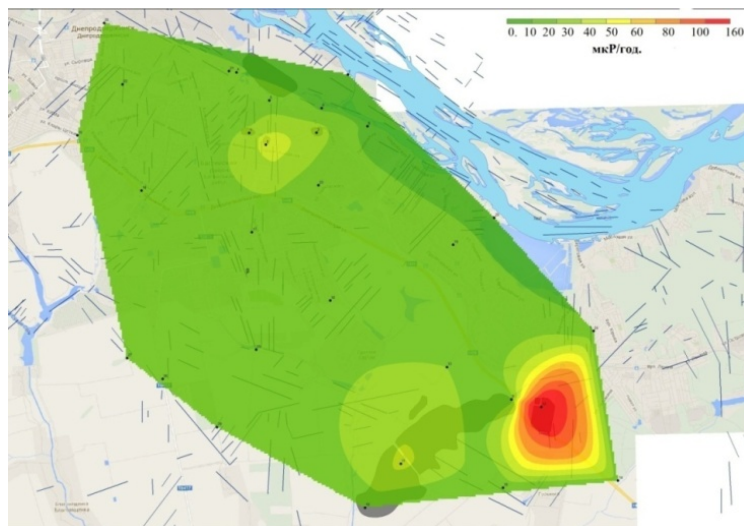


Рис. 6. ПДГВ середовища (з урахуванням проб на територіях хвостосховищ)

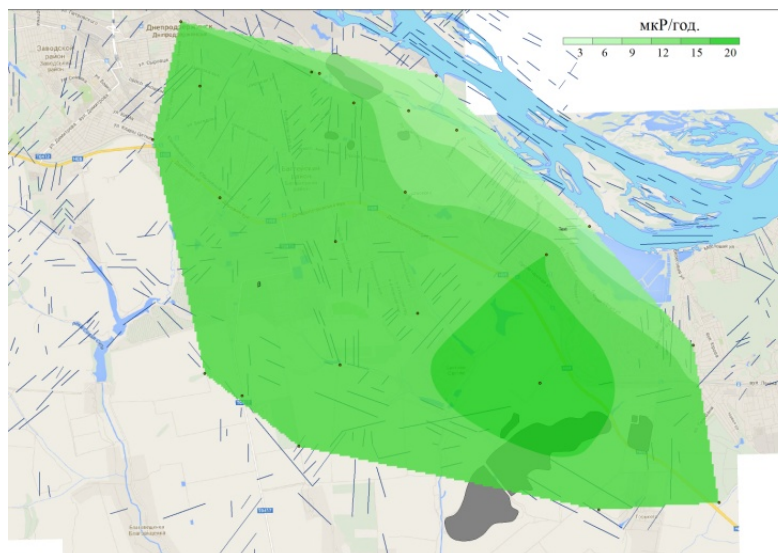


Рис. 7. ПДГВ середовища (з виключенням проб на територіях хвостосховищ)

Рисунки 4, 5 та 6, 7 підтверджують наявність очевидного техногенного впливу хвостосховищ на рівні радіаційної безпеки території досліджень.

Результати вимірювань ПДГВ середовища і поверхневого шару ґрунту показали значне перевищення показників радіоактивного випромінювання території порівняно з середніми значеннями по Україні. Так, середнє значення ПДГВ у Києві – 12–13 мкР/год, а показники вище 20 мкР/год сприймаються вже як ознака техногенного забруднення. ПДГВ у повітрі та у ґрунті мають високі показники на території хв. «База С» і «Центральний яр». Варті уваги показники активності радіонуклідів у гранітах на даній території – у деяких місцях скупчення гранітів та інших мінералів дози радіоактивного випромінювання значно перевищують фонові показники. Так, зафіксовано ПЕД гамма-випромінювання 2,5–3 мЗв/год (рис. 8), що становить $\approx 250\text{--}300$ мкР/год. Така доза суттєво перевищує середньо статистичний показник $\approx 0,145$ мЗв/год. А за даними ДП «Бар'єр» ПЕД гамма-випромінювання на поверхні досягає навіть 20 мЗв/год [2]. Тобто, довгострокове перебування безпосередньо на території хвостосховищ становить загрозу організму людини.

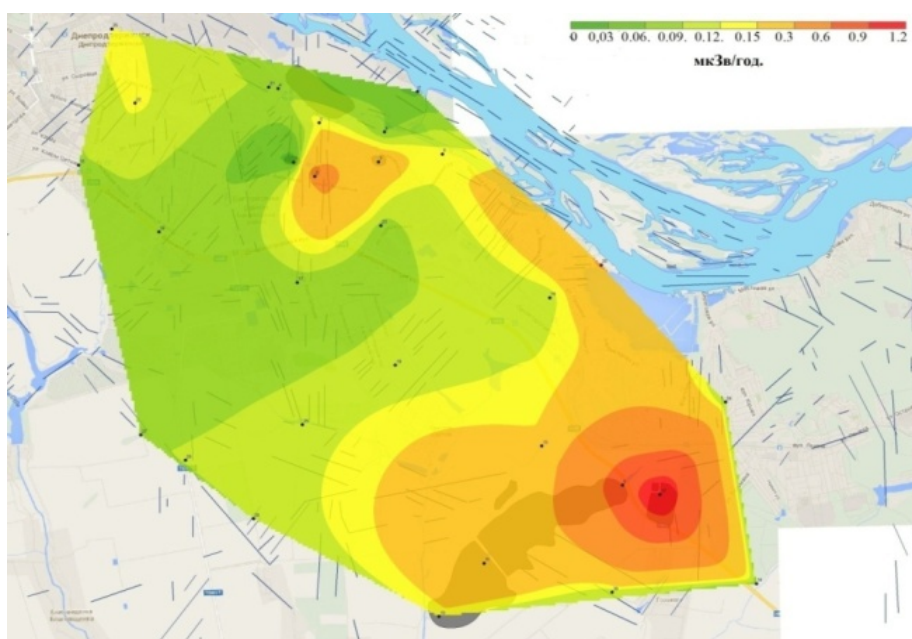


Рис. 8. Потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання

Проведені пошуки щодо питомої активності гамма-випромінюючих радіонуклідів узагальнено в сумарних показниках по урановому і торієвому сімейству, їх сумі, і загальній сумі радіонуклідів. Сумарна питома активність радіонуклідів виміряна безпосередньо в складі ґрунту, а не в середовищі, надає змогу точніше побудувати картину радіаційного забруднення території (рис. 9–12).

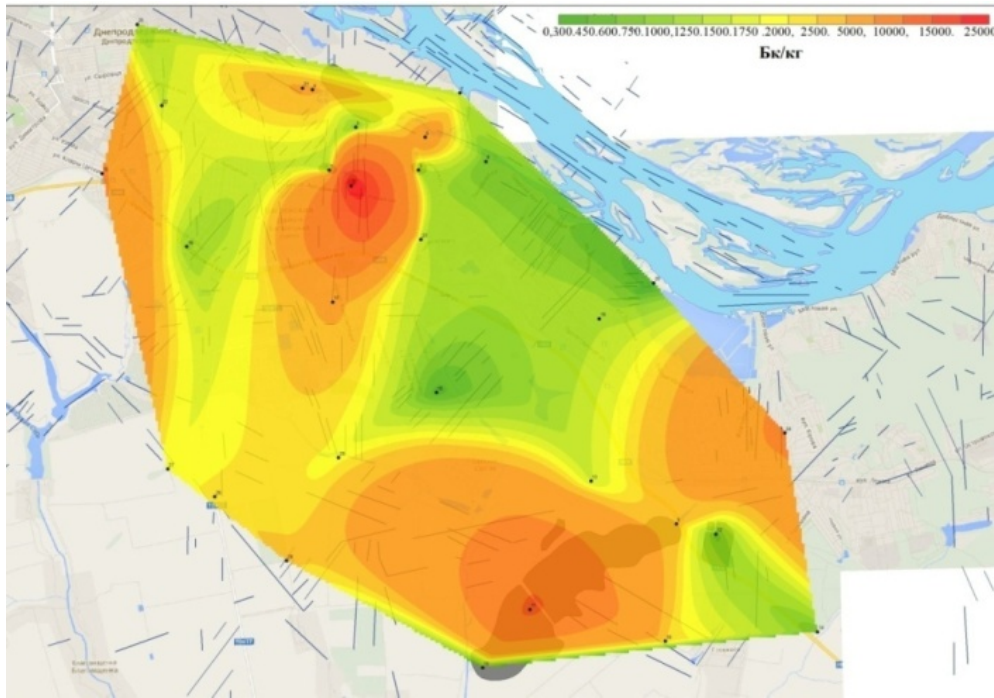


Рис. 9. Сумарна питома активність всіх гамма-випромінюючих радіонуклідів у пробах ґрунтів (за результатами гамма-спектрометричного аналізу)

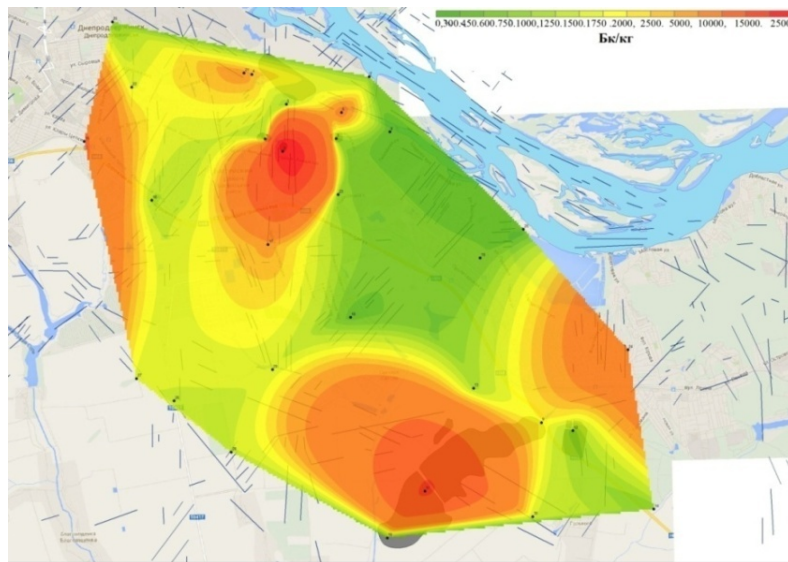


Рис. 10. Сумарна питома активність гамма-випромінюючих радіонуклідів уранового і торієвого рядів у пробах ґрунтів (за результатами гамма-спектрометричного аналізу)

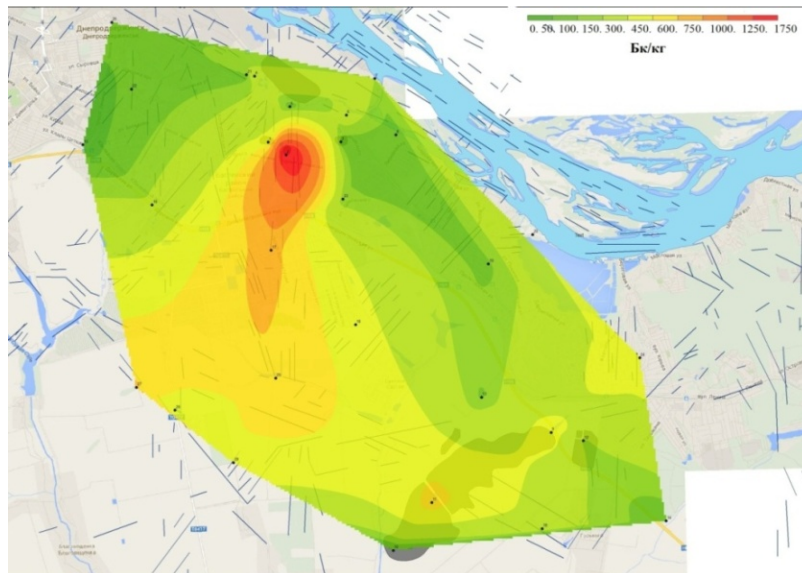


Рис. 11. Сумарна питома активність радіонуклідів сімейства Th-232 (за результатами гамма-спектрометричного аналізу)

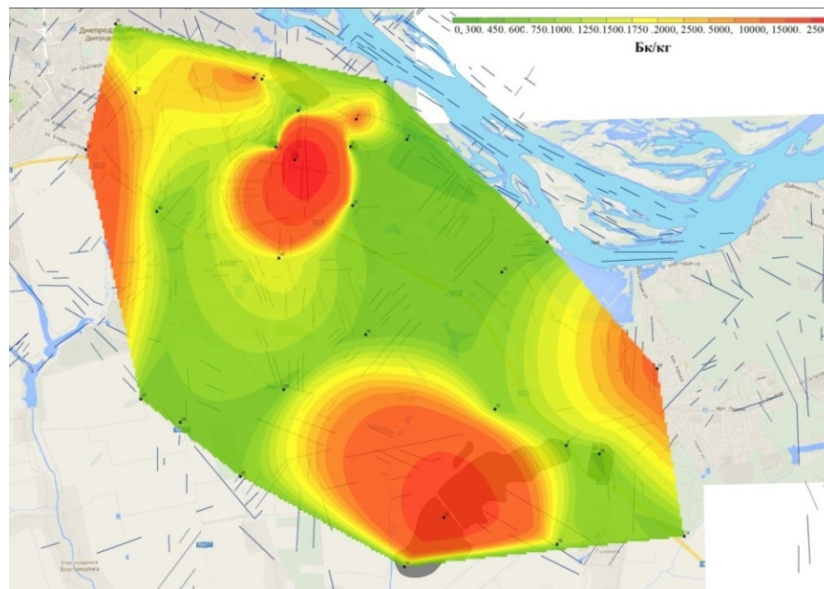


Рис. 12. Сумарна питома активність радіонуклідів сімейства U-238 (за результатами гамма-спектрометричного аналізу)

На низькофоновій установці СЕБ-01 методом бета-спектрометрії у зразках ґрунтів визначені активності Рb-210 і Th-231. За виміряною активністю Th-231 обчислена активність U-235, активність U-238 розрахована за активністю U-235, виходячи з природного співвідношення цих ізотопів, загальну концентрацію урану (мг/кг) розраховано як суму вмісту ізотопів U-235 і U-238. Результати бета-спектрометричних аналізів відображені на карті на рис. 13.

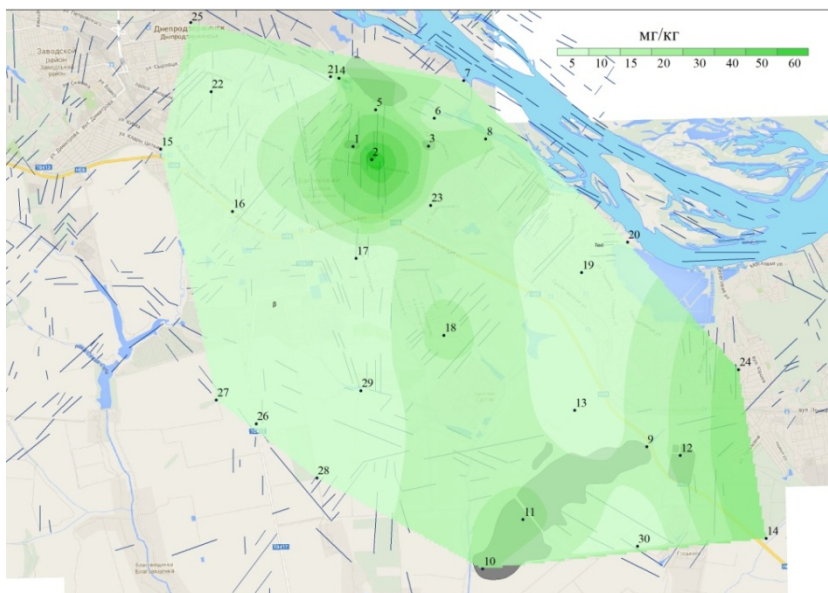


Рис. 13. Загальна концентрація урану в пробах ґрунтів (за результатами бета-спектрометричного аналізу)

Порівняльний аналіз результатів гамма- та бета-спектрометричних вимірювань проб ґрунту (рис. 10–12 та рис. 13) показує близький розподіл за територією ділянок підвищеної активності й засвідчує наявність плями забруднення в районі сх. «Центральний яр».

Як відомо, за 34 роки експлуатації в хвостосховищах накопичувалися матеріали з різними фізико-механічними та фільтраційними властивостями – від мулкуватих пісків, супісків, суглинків (шлами переробки уранових руд) до будівельного, виробничого, побутового сміття (уламки цеглин, бетону, щебінь, метал, деревина) і котельного шлаку. Через перемішування радіаційних відходів з відходами будівництва важко виміряти достовірно поточну активність на досліджуваній території. Проби відбирались на глибині від 1 до 2 м. Глибини ж розміщення радіоактивних відходів можуть сягати десятків метрів; так на хв. «Дніпровське» лише захисний шар з фосфогіпсу має потужність від 0,5 до 13,5 м. Значні показники забруднень виявлені на території хв. «Сухачівське-II» і «Центральний яр», де вони перевищують середню активність у земній корі [7] за сумарною питомою активністю гамма-випромінюючих радіонуклідів уранового і торієвого рядів відповідно у 163 і 368 разів, по U-238 в 273 і 631 рази і по Th-232 в 16 і 56 рази. Середнє значення перевищення показників в досліджених точках складає для U-238 – 11,4, для Th-232 – 8,06, а сума U-238 і Th-232 в 9,85 рази. Для уточнення показників радіаційного забруднення необхідне продовження радіоекологічного моніторингу.

У наведеній серії побудованих карт розподілу радіонуклідів за площею (рис. 2–13) також відображено співставлення результатів радіоекологічної зйомки з даними щодо новітньої тектоніки району досліджень. Таке співставлення дозволяє більш детально дослідити реальний стан хвостосховищ і сховищ відходів уранового виробництва та можливі шляхи міграції радіонуклідів на основі оцінювання впливу сучасної активності геоструктур та особливості їх активізації на фізико-механічні, фільтраційні та інші властивості гірських порід, в тому числі тих, на яких розташовані зазначені об'єкти.

При розгляді карти ЩПР (рис. 2, 3) на захід від хв. «Сухачівське-I, II» чітко спостерігається збіг аномалій підвищених значень з показниками від 150 до 260 мБк/м² з вузлом перетину шести лінеаментних зон ЛЗ. (Лінеаменти – лінійно організовані на поверхні елементи ландшафту, які є відображенням різних за розмірами, віком і глибиною закладання розломних структур, зон підвищеної тріщинуватості, структурних неузгоджень, стратиграфічних, літологічних або петрографічних меж, лінійних геофізичних аномалій, елементів рельєфу, у тому числі – не пов'язаних з геологічними

процесами). Вздовж Дніпра виділені також аномалії з показниками 90–150 мБк/м²с, які витягнуті в напрямку іншої ЛЗ, з якою також пов'язані лінійно витягнуті підвищені значення (90–100 мкР/год) потужності дози гамма-випромінювання поверхневого шару ґрунту (рис. 4, 5).

Вздовж субмеридіональної ЛЗ впевнено фіксується відповідна лінійна орієнтація підвищених значень сумарної питомої активності всіх гамма-випромінюючих радіонуклідів у пробах ґрунтів (рис. 9), сумарної питомої активності гамма-випромінюючих радіонуклідів уранового і торієвого рядів у пробах ґрунтів (рис. 10), сумарної питомої активності радіонуклідів сімейства Th-232 (особливо чітко, рис. 10), сумарної питомої активності радіонуклідів сімейства U-238 (рис. 11).

Загалом, на приведених картах спостерігається виражений взаємозв'язок ділянок підвищеної радіоактивності площинного розподілу радіонуклідів з ЛЗ, особливо чітко він прослідковується в межах вузлів їх перетину.

Висновки

1. Загальна картина радіаційного забруднення, отримана за результатами проведених комплексних досліджень шляхом геопозиційного аналізу результатів вимірювань, дає можливість констатувати перевищення рівнів дозових навантажень від джерел зовнішнього опромінення на території зони впливу ДП «Бар'єр».

2. Виділені умовні зони підвищеної активності, пов'язані з техногенними факторами, зазнають помітного впливу чинників навколишнього середовища.

3. Захисні споруди пом'якшують потенційний радіаційний вплив, але проблеми міграції радіонуклідів, пов'язані з порушеннями цілісності захисних споруд, потребують додаткового вивчення.

4. Встановлено досить чітко виражений взаємозв'язок зон підвищеної активності площинного розподілу радіонуклідів з активними на новітньому етапі розвитку лінеаментними зонами району досліджень. Найбільш чіткий зв'язок відмічений у вузлах їх перетину ЛЗ.

5. Для визначення детальних радіоекологічних характеристик території необхідне проведення постійного радіоекологічного моніторингу.

1. Інформаційний звіт про виконання науково-дослідних польових та лабораторних робіт за темами: відомча цільова фундаментальна тема П-01-12 «Розробка науково-методичних основ вдосконалення системи радіаційно-екологічної безпеки об'єктів ядерно-паливного циклу»; науково-дослідна тема «Розробка та випробування нових технічних засобів та методик комплексного радіогеохімічного моніторингу типових об'єктів видобування та переробки уранової сировини» за договором № К-8-70/2014 з НАН України. – ДУ «ІГНС НАН України». – Київ, 2014. – 55 с.

2. Отчет о НИР «Обоснование размещения постов радиационного мониторинга» (шифр темы: СКЭМ ЭКО / ГУ «ИГОС НАНУ-2013»). – ДУ «ІГНС НАН України». – Київ, 2013. – 118 с.

3. Верховцев В.Г. Оцінка безпеки за неотектонічними критеріями району розташування хвостосховищ радіоактивних відходів Дніпродзержинського промислового вузла / Верховцев В.Г., Лисиченко Г.В., Юськів Ю.В. // Зб. наук. пр. ІГНС НАН та МНС України. Серія «Геохімія та екологія». – Київ. – 2010. – Вип. 16. – С. 98–108.

4. Юськів Ю.В. Новейшая геотектоника района расположения хвостохранилищ уранового производства в пределах промышленной агломерации г. Днепродзержинск (Украина) / Юськів Ю.В. // НАУКА И МИР, Международный научный журнал, № 2 (6), 2014, Том 1. – С. 248–254.

5. Підсумковий звіт «Польові контрольно-вимірювальні роботи, ландшафтно-геохімічна характеристика території колишнього Виробничого об'єднання

«Придніпровський хімічний завод» з виконанням експертизи та контролю робіт з паспортизації хвостосховищ та об'єктів уранового виробництва. Етап 2». – ДУ «ІГНС НАН України». – Київ, 2009. – 183 с.

6. Звіт «Проведення робіт з вивчення параметрів підземного стоку та трансформації фізико-хімічних форм радіонуклідів уран-торієвого ряду в різних умовах ландшафтно-геохімічного середовища з метою параметризації прогностичних моделей і довготривалих ризиків». – ДУ «ІГНС НАН України». – Київ, 2011. – 206 с.

7. Коваленко Г.Д. Радиоекология Украины. Монография. – Харьков: ИД «Инжэк», 2008. – 264 с.

1. Information report on the implementation of field research and laboratory work by themes: fundamental theme departmental Task П-01-12 «Development of scientific and methodological foundations improvement of radiation and environmental safety of the nuclear fuel cycle»; research topic "Development and testing of new techniques and methods of integrated radio-geochemical monitoring of typical objects of extraction and processing of uranium ore" under the contract number К-8-70 / 2014 of the National Academy of Sciences of Ukraine. - SI "IEG NAS of Ukraine." - Kyiv, 2014. - 55 p.

2. Report on research "Rational placemen of radioecological posts". - SI "IEG NAS of Ukraine." - Kyiv, 2013. - 118 p.

3. V.G. Verkhovtsev. Safety assessment criteria for the tectonic area of the tailings radioactive waste Dneprodzerzhinsk industrial unit / Verkhovtsev V.G., Lysychenko G.V., Yuskiv Yu. // Coll. Science. pr. IEG NAS and MES of Ukraine. Series "Geochemistry and Ecology". - Kyiv. - 2010 - Vol. 16. - P. 98-108.

4. Yuskiv Yu. Latest Geotectonics of the area of the tailings of uranium production within the industrial agglomeration of Dnipropetrovsk (Ukraine) / Yuskiv Yu. // Science and peace, International Journal, № 2 (6), 2014, Volume 1. - С. 248-254.

5. The final report "Field of test work, landscape and geochemical characteristics of the former Production Association" Pridneprovskiy chemical plant "with performance assessment and monitoring work on the certification of tailings and uranium production facilities. Stage 2 ". - SI "IEG NAS of Ukraine." - Kyiv, 2009. - 183 p.

6. Report "Work on the study parameters underground flow and transformation of physical and chemical forms of radionuclides uranium-thorium series in different conditions of landscape-geochemical environment to parameterize models and forecasting long-term risks." - SI "IEG NAS of Ukraine." - Kyiv, 2011. - 206 p.

Е.Б. Краснов, К.Е. Перкатый, О.Ю. Тищенко, Ю.Е. Тищенко, Ю.В. Юськив
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ТЕРРИТОРИИ ДНЕПРОДЗЕРЖИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

В статье средствами компьютерного картографирования отражены основные результаты комплексных радиоекологических исследований, проведенных на территории зоны влияния ГП «Барьер» в городе Днепродзержинск.

Y. Krasnov, K. Perkatyj, O. Tyshchenko, Y. Tyshchenko, Y. Yuskiv
THE MAIN RESULTS OF RADIOECOLOGICAL RESEARCH WITHIN
DNEPRODZERZHINSK INDUSTRIAL SITES

The main results of complex radioecological research with computer mapping on the State Enterprise "Barrier" influence zone territory in the Dneprodzerzhinsk are given.

ПРОБЛЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

УДК 351.861

В.В. ТЮТЮНИК¹, М.В. БОНДАРЄВ², Р.І. ШЕВЧЕНКО¹, Л.Ф. ЧОРНОГОР²,
В.Д. КАЛУГІН¹

¹ Національний університет цивільного захисту України

² Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

ОСОБЛИВОСТІ КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ЗА ОСНОВНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПОВСЯКДЕННОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ПРОЯВУ ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ

У роботі методами дискримінантного та канонічного аналізів проведено оцінку результатів кластеризації території України та отримані математичні залежності для достовірної класифікації території за групами основних показників повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки.

Обґрунтування проблеми. Територія України, як природно-техногенно-соціальна система (ПТС система) з рознесеними у просторі та часі джерелами техногенної небезпеки, у процесі повсякденного функціонування та розвитку створює передумови для виникнення різного роду надзвичайних ситуацій (НС), руйнівна енергія яких негативно впливає на енергетичний баланс ПТС системи та призводить до порушення нормальних умов життєдіяльності [1–4].

Режим повсякденного функціонування ПТС системи визначається рівнем природно-техногенного енергетичного балансу – $E^{ПТС} = E^П + E^Т$, де $E^П$ – енергія природного походження, $E^Т$ – енергія техногенного походження. Техногенно-енергетичні умови повсякденного функціонування території України та прояву на ній техногенної небезпеки представлено на рис. 1, де енергія $E^Т$ є сумою енергій різних видів палив ($E_П$) і електричної енергії ($E_Е$), які споживаються в Україні – $E^Т = E_П + E_Е$.



Рис. 1. Енергетичні умови повсякденного функціонування території України та прояву техногенної небезпеки

В умовах прояву різного роду небезпек виникає необхідність розробки ефективних заходів із забезпечення раннього моніторингу, попередження та ліквідації НС різної природи, що і обумовлює мету роботи. Однак, реалізація такого підходу не можлива без проведення наукових досліджень, спрямованих на вивчення процесів зародження попередніх чинників небезпек, їх розвитку до рівня катастроф, розповсюдження цих катастроф та їх взаємного впливу (взаємної генерації) в умовах існування природно-техногенних, техногенно-техногенних та техногенно-природних взаємозв'язків [5, 6].

Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій. Відомі в науковій літературі [7–9] методи оцінки рівня небезпеки функціонування ПТС системи ґрунтуються на ймовірносно-статистичному або експертному аналізах прояву окремих складових небезпек і не враховують фізико-хімічні основи процесів виникнення попередніх чинників небезпеки та взаємозв'язку між ними, які призводять до розвитку НС, які з відповідним рівнем руйнівної енергії негативно впливають на умови нормального функціонування ПТС системи.

Тому, при розв'язанні проблеми формування системи комплексних заходів для запобігання НС різної природи виникає необхідність дослідження енергетичних особливостей прояву взаємозв'язків між складовими процесів життєдіяльності ПТС системи у режимах повсякденного функціонування та надзвичайного стану.

Першим кроком у даному напрямку є результат розробки у роботах [10–14] підходу до оцінки окремих рівнів пожежної, хімічної, екологічної небезпеки та небезпеки, яка виникає при територіальному розподілі складів боєприпасів і підприємств з їх утилізації, на території України на основі аналізу її інтегрального показника життєдіяльності – енергії техногенного походження, яка являється джерелом для усіх показників опису динаміки стану ПТС системи (рис. 1).

Наступним кроком при розробці наукових основ створення комплексної системи моніторингу, попередження та ліквідації НС різного походження являється проведення сумарної оцінки рівня техногенної небезпеки території України за даними аналізу взаємозв'язків між основними показниками життєдіяльності регіонів шляхом використання основних багатовимірних статистичних методів аналізу – факторного, головних компонент, кластерного, дискримінантного та канонічного.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою дослідження є розвиток уявлень про динаміку і енергетику функціонування території України з рознесеними у просторі та часі різного роду джерел небезпек і їх дестабілізуючого впливу на умови безпеки життєдіяльності, які формують наукові основи створення ефективної територіальної комплексної системи моніторингу, попередження та ліквідації НС природного та техногенного походження та забезпечення екологічної безпеки.

У рамках поставленої мети авторами спочатку проведена оцінка характерних для території України основних показників повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки методами факторного аналізу, аналізу головних компонент та кластерного аналізу. Отримані результати дозволили:

– на основі факторного аналізу – виявити приховані (латентні) фактори, які відповідають за наявність лінійних статистичних зв'язків між спостережуваними змінними, що визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи та прояву техногенної небезпеки. При об'єднанні у кожному факторі змінних, які сильно корелюють між собою, спостерігається ефект виділення показника споживання енергії техногенного походження, як групууючою змінною за основними показниками життєдіяльності території України в режимі повсякденного функціонування та в умовах прояву НС техногенного походження;

– при аналізі головних компонент, виконаного на основі даних матриць кореляції та коваріації, – встановити наявність жорсткого взаємозв'язку між групувальною змінною (енергією техногенного походження) та основними соціальними, економічними і техногенними показниками функціонування ПТС системи України;

– на основі ієрархічного кластерного аналізу – провести ранжирування регіонів України за основними параметрами, які визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи та прояву техногенної небезпеки. Внаслідок об'єднання в кожному кластері за методом Варда значень цих змінних за період 2002 – 2012 рр., спостерігається ефект розділення території України на три кластери: I кластер (з високим енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки) – Дніпропетровська, Донецька та Київська області; II кластер (з середнім енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки) – Запорізька, Луганська, Львівська, Одеська, Харківська області та АР Крим; III кластер (з низьким енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки) – інші регіони України;

– на основі неієрархічної кластеризації методом k-середніх – провести оцінку міри кластеризації основних змінних, що визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи та прояву техногенної небезпеки. У результаті неієрархічної кластеризації виділено три характерні для території України групи змінних, які характеризуються: високим рівнем кластеризації – чисельність наявного населення ($N^{\text{Насел.}}$), кількість народжених (N^{H}), кількість померлих (N^{II}); середнім рівнем кластеризації – енергія техногенного походження (E^{T}), об'єм валового внутрішнього продукту ($S^{\text{ВВП}}$), кількість суб'єктів Єдиного державного реєстру підприємств та організацій України ($K_{\text{Суб'єкт.}}$), кількість потенційно небезпечних об'єктів ($K_{\text{ПНО}}$), об'єм викидів екологічно небезпечних речовин у атмосферу ($Q_{\text{АТМ.}}$), кількість хворих на активний туберкульоз ($N_{\text{Туберк.}}$), кількість пожеж і загорянь у техногенному середовищі ($K_{\text{Пожеж.}}$); низьким рівнем кластеризації – площа території ($S^{\text{Тер.}}$), об'єм використання пожежо- і вибухонебезпечних речовин ($Q_{\text{ПВНР}}$), об'єм використання хімічно небезпечних речовин ($Q_{\text{ХНР}}$), маса вибухової речовини, яка підлягає утилізації на військових об'єктах ($M_{\text{ВР}}$), кількість безробітних ($N_{\text{Безробіт.}}$), кількість надзвичайних ситуацій техногенного характеру ($K_{\text{НС}}^{\text{Тех.}}$), кількість дорожньо-транспортних пригод ($K^{\text{ДТП}}$).

З метою отримання якісної оцінки та у підтримку достовірності отриманих попередніх результатів у роботі проведені дослідження, які спрямовані на класифікацію регіонів України за низкою основних показників повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки методами дискримінантного та канонічного аналізу. Аналіз даних проведено з використанням статистичних пакетів STATISTICA 6.1 и SPSS 20.

Дискримінантний аналіз являє собою статистичний апарат для аналізу відмінностей між двома та більш групами об'єктів по відношенню до декількох змінних водночас [15] і використовується за умов, коли залежна змінна – категоріальна (у нашому випадку номер кластеру – I, II, III), а незалежні змінні (предиктори) – інтервальні (17 основних показників повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки, значення яких складають 275 спостережень по території 25 регіонів України за період 2002 – 2012 рр. із кроком спостереження – один рік).

Основною метою дискримінантного аналізу є знаходження лінійних комбінацій змінних, які оптимально розділять групи, що аналізуються:

$$h_k = b_{k0} + b_{k1}X_1 + b_{k2}X_2 + \dots + b_{kp}X_p, \quad (1)$$

де h_k – значення функції класифікації для k -го класу (кластеру), $b_{k0} \dots b_{kp}$ – дискримінантні коефіцієнти (дискримінантні ваги), $X_1 \dots X_p$ – предиктори.

У відповідності із запропонованою на рис. 1 фізичною моделлю та за умов того, що апріорну ймовірність класифікації вибрано однаковою для всіх груп, функції класифікації регіонів України за основними показниками повсякденного функціонування ПТС системи та прояву техногенної небезпеки мають вигляд:

$$\begin{aligned} h_I &= -138,60 - 29,45E^T + 6,32S^{Тер.} - 35,96N^{Насел.} + 24,84N^H + 0,08N^П - 56,43S^{ВВП} + \\ &+ 127,62K_{Суб'єкт.} + 1,52K_{ПНО} - 8,65Q_{ПВНР} + 2,66Q_{ХНР} + 117,53Q_{АТМ.} - 4,66M_{ВР} - \\ &- 28,70N_{Туберк.} + 10,76N_{Безробіт.} - 1,55K_{НС}^{Тех.} + 8,34K^{Пожеж.} - 1,80K^{ДТП}; \\ h_{II} &= -4,60 + 1,12E^T - 0,39S^{Тер.} + 0,50N^{Насел.} + 4,27N^H + 0,17N^П + 1,12S^{ВВП} - \\ &- 7,13K_{Суб'єкт.} + 2,29K_{ПНО} + 1,92Q_{ПВНР} + 1,47Q_{ХНР} - 8,39Q_{АТМ.} + 0,67M_{ВР} + \\ &+ 5,41N_{Туберк.} - 0,57N_{Безробіт.} + 0,85K_{НС}^{Тех.} + 0,14K^{Пожеж.} + 0,58K^{ДТП}; \\ h_{III} &= -6,70 + 5,12E^T - 1,04S^{Тер.} + 6,59N^{Насел.} - 6,32N^H - 0,08N^П + 10,21S^{ВВП} - \\ &- 21,33K_{Суб'єкт.} - 1,16K_{ПНО} + 0,89Q_{ПВНР} - 1,06Q_{ХНР} - 18,95Q_{АТМ.} + 0,62M_{ВР} + \\ &+ 3,34N_{Туберк.} - 1,81N_{Безробіт.} - 0,03K_{НС}^{Тех.} - 1,63K^{Пожеж.} + 0,12K^{ДТП}. \end{aligned} \quad (2)$$

У зв'язку з тим, що дискримінаторні функції були визначені за вибірковими даними, вони потребують перевірки статистичної значимості. Визначальним для дискримінантного аналізу являється перевірка гіпотези про відсутність різниці між груповими середніми $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$, де μ_k – 17-мірний вектор середніх значень 17 основних показників повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки території України, врахованих у моделі, яка представлена на рис. 1. Перевірку гіпотези у роботі проведено за умов використання статистики Уїлкса, де у якості критерію дискримінації використано лямбду Уїлкса [15]:

$$\Lambda = \frac{\det W}{\det T}, \quad (3)$$

де W – матриця внутрікласового розкиду, T – матриця загального розкиду.

Результати оцінки моделі (2) представлено у табл. 1, де Λ – лямбда Уїлкса, Λ^* – часткова лямбда Уїлкса, F – показник критерію Фішера, p – рівень значимості.

Показник Λ використано для визначення у моделі статистичної значимості потужності дискримінації, так, за відсутності дискримінації $\Lambda = 1,000$, а за наявності повної дискримінації $\Lambda = 0,000$. Наведені у табл. 1 значення лямбди Уїлкса свідчать, що у моделі, яка представлена на рис. 1, потужність дискримінації на рівні $\Lambda \approx 10^{-3}$ мають предиктори: E^T , $S^{Тер.}$, $N^{Насел.}$, N^H , $N^П$, $K_{ПНО}$, $Q_{ХНР}$, $M_{ВР}$, $N_{Безробіт.}$, $K_{НС}^{Тех.}$, $K^{Пожеж.}$ та $K^{ДТП}$. Інші предиктори мають потужність дискримінації на рівні $\Lambda \approx 10^{-2}$.

Часткова лямбда Уїлкса (Λ^*) використовується для оцінки одиночних вкладів відповідних змінних у дискримінацію між сукупностями, де, навпаки від показника Λ , більший одиночний вклад змінної у ступень дискримінації визначається відповідним великим значенням Λ^* . Так, найбільшими рівнями вкладів у ступень дискримінації характеризуються змінні: $N^П$ ($\Lambda^* = 0,999$) і $K^{ДТП}$ ($\Lambda^* = 0,985$). Також, значно великим рівнем вкладу у ступень дискримінації можна охарактеризувати наступні параметри: $K_{НС}^{Тех.}$ ($\Lambda^* = 0,976$), $K^{Пожеж.}$ ($\Lambda^* = 0,975$), $N^{Насел.}$ ($\Lambda^* = 0,955$), $S^{Тер.}$ ($\Lambda^* = 0,945$), $K_{ПНО}$

($\Lambda^* = 0,944$), M_{BP} ($\Lambda^* = 0,940$), і Q_{XHP} ($\Lambda^* = 0,905$). Найменшим рівнем – Q_{ATM} . ($\Lambda^* = 0,283$) і $K_{Cуб'ект.}$ ($\Lambda^* = 0,322$).

У якості критерію для оцінки вкладу змінних у результат дискримінації застосовано F-показник Фішера при відповідних рівнях значимості (p) та толерантності. Значення толерантності відповідної змінної розраховується як $1 - r^2$, де r – коефіцієнт кореляції цієї змінної з іншими змінними.

Таблиця 1. Результати аналізу дискримінаційної моделі повсякденного функціонування території України та прояву техногенної небезпеки

Змінні	Λ	Λ^*	F	p	Толерантність
E^T	0,009	0,866	19,838	0,000	0,095
$S^{Тер.}$	0,008	0,945	7,402	0,001	0,443
$N^{Насел.}$	0,008	0,955	6,097	0,003	0,114
N^H	0,009	0,862	20,498	0,000	0,216
$N^П$	0,007	0,999	0,009	0,991	0,218
$S^{ВВП}$	0,012	0,648	69,583	0,000	0,066
$K_{Cуб'ект.}$	0,023	0,322	269,240	0,000	0,029
$K_{ПНО}$	0,008	0,944	7,555	0,001	0,322
$Q_{ПВНР}$	0,010	0,776	37,050	0,000	0,393
Q_{XHP}	0,008	0,905	13,466	0,000	0,580
Q_{ATM}	0,026	0,283	323,702	0,000	0,030
M_{BP}	0,008	0,940	8,101	0,001	0,544
$N_{Туберк.}$	0,010	0,723	49,035	0,000	0,214
$N_{Безробіт.}$	0,009	0,876	18,188	0,000	0,338
$K_{НС}^{Тех.}$	0,008	0,976	3,142	0,045	0,462
$K_{Пожеж.}$	0,008	0,975	3,312	0,038	0,439
$K_{ДТП}$	0,008	0,985	1,942	0,146	0,412

Для визначення природи дискримінації основних показників повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки, тобто визначення показників, які впливають на результат кластеризації регіонів України, у роботі проведено канонічний аналіз запропонованої на рис. 1 моделі.

Канонічний аналіз дозволяє дослідити взаємозв'язок між двома наборами змінних, тобто оцінити рівень канонічної кореляції, який базується на аналізі канонічних дискримінантних функцій, так званих канонічних коренів, – лінійних комбінацій дискримінантних змінних:

$$f_{km} = u_0 + u_1 X_{1km} + u_2 X_{2km} + \dots + u_q X_{qkm}, \quad (4)$$

де f_{km} – значення канонічної дискримінантної функції (канонічних коренів) для m-го об'єкту у k-й групі, X_{ikm} – значення дискримінантної змінної X_i для m-го об'єкту у k-й групі, u_i – коефіцієнти канонічної дискримінації (канонічні ваги).

Максимальна кількість дискримінантних функцій визначається кількістю класів без одиниці, що дозволило у роботі визначити канонічну модель з двома канонічними коренями. Стандартизовані коефіцієнти (які відносяться до нормованих змінних, що дає

зможу аналізувати порівнянні масштаби) канонічної дискримінації цих коренів представлені у табл. 2.

Таблиця 2. Стандартизовані коефіцієнти дискримінуючих функцій канонічної моделі повсякденного функціонування території України та прояву техногенної небезпеки

Змінні	Корінь 1	Корінь 2
E^T	-1,147	0,422
$S^{Тер.}$	0,326	-0,169
$N^{Насел.}$	-0,629	0,132
N^H	0,644	0,583
$N^П$	0,003	0,021
$S^{ВВП}$	-2,285	0,569
$K_{Суб'єкт.}$	4,546	-2,201
$K_{ПНО}$	0,081	0,491
$Q_{ПВНР}$	-0,446	0,738
$Q_{ХНР}$	0,160	0,448
$Q_{Атм.}$	4,441	-2,608
$M_{ВР}$	-0,247	0,269
$N_{Туберк.}$	-0,742	1,044
$N_{Безробіт.}$	0,572	-0,265
$K_{НС}^{Тех.}$	-0,059	0,265
$K_{Пожеж.}$	0,243	-0,003
$K_{ДТП}$	-0,084	0,206
Власне значення	40,050	2,251
Кумулятивна частка	0,9468	0,0532

Перша дискримінантна функція (корінь 1) є статистично значущою (власне значення дорівнює 40,050) та найбільш навантаженою за величинами $K_{Суб'єкт.}$ (4,546) і $Q_{Атм.}$ (4,441), а також за величинами $S^{ВВП}$ (-2,285) і E^T (-1,147), але з протилежними знаками.

Друга дискримінантна функція (корінь 2), відмічена головним образом величинами $N_{Туберк.}$ (1,044), $Q_{Атм.}$ (-2,608) і $K_{Суб'єкт.}$ (-2,201), однак вона статично мало значима – власне значення дорівнює 2,251.

Крім того, кумулятивна доля дисперсії, яка описана першою функцією, складає 94,68 %, що вказує на переважну значимість першої функції у порівнянні з другою.

Оцінку вкладів канонічних коренів на рівень статистичної значимості моделі проведено за критерієм χ -квадрат [15]:

$$\chi^2 = \left[-N - 1 - \frac{q + g + 1}{2} \right] \ln(L), \quad (5)$$

де N – кількість спостережень, q – кількість дискримінантних змінних, g – кількість класів. Результат оцінки представлено у табл. 3.

Представлений у табл. 3 результат свідчить про значне зменшення рівня статистичної значимості канонічної моделі за умов покрокового видалення з неї канонічних коренів. Так, перший рядок містить результати значимості за умов урахування

всіх коренів. Другий же рядок інформує про падіння рівня статичної значимості моделі ($L = 0,007 \rightarrow 0,308$; $\chi^2 = 1291,94 \rightarrow 311,24$) за умов видалення із неї одного із коренів.

Таблиця 3. Результати оцінки впливу видалення канонічних коренів на рівень статистичної значимості канонічної моделі повсякденного функціонування території України та прояву техногенної небезпеки за критерієм χ -квадрат

Видалені корні	Власні значення	Канонічні значення	L	χ^2	Ступень свободи	P
0	40,05	0,99	0,007	1291,94	34	0,00
1	2,25	0,83	0,308	311,24	16	0,00

Матриця факторної структури, яка визначає кореляції між змінними та дискримінуючими функціями, представлена у табл. 4.

Таблиця 4. Кореляції між змінними, визначаючими умови повсякденного функціонування території України та прояву техногенної небезпеки, та дискримінуючими функціями

Змінні	Корінь 1	Корінь 2
E^T	0,180	0,095
$S^{Тер.}$	0,064	0,244
$N^{Насел.}$	0,501	0,542
N^H	0,344	0,386
$N^П$	0,421	0,468
$S^{ВВП}$	0,171	0,028
$K_{Суб'єкт.}$	0,207	0,118
$K_{ПНО}$	0,214	0,311
$Q_{ПВНР}$	0,057	0,103
$Q_{ХНР}$	0,091	0,220
$Q_{Атм.}$	0,187	-0,018
$M_{ВР}$	-0,029	0,240
$N_{Туберк.}$	0,285	0,442
$N_{Безробіт.}$	0,073	0,099
$K_{НС}^{Тех.}$	0,114	0,201
$K_{Пожеж.}$	0,283	0,241
$K_{ДТП}$	0,082	0,066

Найбільша, за даними табл. 4, кореляція з найзначимішою дискримінуючою функцією (корінь 1) спостерігається із соціальними показниками функціонування ПТС системи України, такими як: $N^{Насел.}$ (0,501); $N^П$ (0,421); N^H (0,421).

Серед показників енергетично-економічно-технічного стану повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву на її території техногенної небезпеки висока кореляція спостерігається для змінних: $N_{Туберк.}$ (0,285); $K_{Пожеж.}$ (0,283); $K_{ПНО}$ (0,214); $K_{Суб'єкт.}$ (0,207); $Q_{Атм.}$ (0,187); E^T (0,180); $S^{ВВП}$ (0,171); $K_{НС}^{Тех.}$ (0,114).

Таким чином, дані табл. 4 свідчать (не виключаючи високого ступеню кластеризації соціальних показників) на користь енергетичного підходу, який запропонований авторами [5, 6, 10 – 14], та містить у якості групуючої змінної показник рівня споживання регіонами

енергії техногенного походження E^T (для оцінки рівня повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву на її території різного роду техногенної небезпеки).

Визначення природи дискримінації кожного канонічного кореня базувалось на аналізі середніх значень (за даними 275 спостережень по території 25 регіонів України за період 2002 – 2012 рр. із кроком спостереження – один рік) канонічних змінних – табл. 5.

Таблиця 5. Середні значення канонічних змінних у групах (кластерах), які визначають умови повсякденного функціонування території України та прояву техногенної небезпеки

Група	Корінь 1	Корінь 2
I кластер	16,56	-0,96
II кластер	0,32	2,63
III кластер	-3,24	-0,82

Очевидно, що перша дискримінантна функція (корінь 1) добре ідентифікує за рівнем повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки регіони України, які відносяться до першого кластеру, від регіонів, які відносяться до другого та третього кластерів. Друга дискримінантна функція (корінь 2) дозволяє, з відповідною обережністю, ідентифікувати регіони, які відносяться до другого кластеру, від регіонів, які відносяться до першого та третього кластерів. При цьому, дискримінантна функція 2 визначає лише 5,32 % (див. табл. 2) дискримінуючої потужності. Це вказує на необхідність інтерпретації результатів ідентифікації регіонів між другим та третім кластерами за умов поєднання двох дискримінантних функцій, що підтверджується діаграмою розсіяння значень цих функцій, яку представлено на рис. 2.

Як бачимо з рис. 2, діапазон розсіяння значень дискримінантної функції 1 становить приблизно 25 одиниць (від -5 до 20 одиниць). Діапазон розсіяння значень цієї функції для першого кластеру становить приблизно 8 одиниць (від 12 до 20 одиниць). Діапазон розсіяння значень цієї функції для другого кластеру – 4,5 одиниці (від -2,5 до 2 одиниць). Для третього кластеру – 4,5 одиниці (від -5 до -0,5 одиниць). Відстань між першим і другим кластерами становить 10 одиниць (від 2 до 12 одиниць). Рівень накладання між другим і третім кластерами – 2 одиниці (від -2,5 до -0,5 одиниць). Це підтверджує результати табл. 5 про можливість однозначної ідентифікації дискримінантною функцією 1 першого кластеру.

Діапазон розсіяння значень дискримінантної функції 2 становить приблизно 9,50 одиниць (від -3,75 до 5,75 одиниць). Діапазон розсіяння значень цієї функції для першого кластеру становить приблизно 5,25 одиниць (від -3,75 до 1,50 одиниць). Діапазон розсіяння значень цієї функції для другого кластеру – 5,50 одиниці (від 0,25 до 5,75 одиниць). Для третього кластеру – 3,50 одиниці (від -2,75 до 0,75 одиниць). Зона невизначеності за дискримінантною функцією 2 становить приблизно 4,25 одиниць (від -2,75 до 1,50 одиниць), що становить приблизно 45 % від загального діапазону розсіяння значень дискримінантної функції 2.

Рис. 2. Діаграма розсіяння значень дискримінантних функцій

Ці результати однозначно узгоджуються з результатами табл. 3 і 5, які свідчать про високий рівень статистичної значимості результатів взаємного поєднання двох дискримінантних функцій (корінь 1 і корінь 2 – табл. 2) при ідентифікації регіонів України за основними енергетично-економічними рівнями життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки та при їх ранжируванні за трьома кластерами.

Висновки

1. У межах енергетичного підходу, що пропонується для оцінки рівня техногенної небезпеки території України за основними показниками життєдіяльності (які включають соціальні, економічні та техногенні характеристики функціонування ПТС системи), у роботі, за даними дискримінантного та канонічного методів статистичного аналізу, отримані математичні залежності для достовірної класифікації та ранжирування території України за низкою основних показників повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки.

2. Отримані результати необхідні для розвитку наукових основ створення ефективної територіальної комплексної системи моніторингу, запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження та забезпечення екологічної безпеки [16, 17].

1. Черногор Л.Ф. Физика и экология катастроф / Л.Ф. Черногор – Харьков: Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, 2012. – 556 с.

2. Баришполец В.А. Системный анализ катастроф, происходящих в мире / В.А. Баришполец // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. – 2010. – Т. 2. – № 1–2. – С. 162–176.

3. Биченок М.М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні / М.М. Биченок, О.М. Трофимчук – Київ: РНБОУ, 2002. – 153 с.

4. Тютюник В.В. Оцінка індивідуальної небезпеки населення регіонів України в умовах надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко, О.В. Тютюник // Проблеми надзвичайних ситуацій: Зб. наук. праць. – Харків: Університет цивільного захисту України, 2009. – Вип. 9. – С. 146–157.

5. Тютюник В.В. Системний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності при територіально-часовому розподілі енергії джерел надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій: Зб. наук. праць. –

- Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2011. – Вип. 14. – С. 171–194.
6. Калугін В.Д. Системний підхід до оцінки ризиків надзвичайних ситуацій в Україні / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2012. – 1/6 (55). – С. 59–70.
 7. Питулько В.М. Научное обеспечение управлением риска аварий и катастроф / В.М. Питулько // *Инженерная экология*. – 1996. – № 3. – С. 36–44.
 8. Гражданкин А.И. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов / А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин // *Безопасность труда в промышленности*. – 2002. – № 2. – С. 12–20.
 9. Кондратьев В.Д. Комплексная оценка уровня риска опасного объекта / В.Д. Кондратьев, А.В. Толстых, Б.К. Уандыков, А.В. Щепкин // *Системы управления и информац. технологий*. – 2004. – № 3(15). – С. 53–57.
 10. Калугін В.Д. Оцінка рівня пожежної небезпеки території України на основі аналізу енергетичних показників стану життєдіяльності / В.Д. Калугін, В.В. Коврегін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // *Пожежна безпека: Зб. наук. праць*. – Львів: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2013. – № 22. – С. 99–112.
 11. Калугін В.Д. Оценка уровня химической опасности территории Украины на основе анализа энергетических показателей жизнедеятельности / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // *Нафтогазова енергетика*. – Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2013. – № 1(19). – С. 109–123.
 12. Калугін В.Д. Енергетичний підхід до оцінки екологічного стану природно-техногенно-соціальної системи України в режимі повсякденного функціонування / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // *Зб. наук. праць Севастопольського національного університету ядерної енергетики та промисловості: Зб. наук. праць*. – Севастополь: Севастопольський національний університет ядерної енергетики та промисловості, 2013. – Вип. 4 (48). – С. 196–208.
 13. Калугін В.Д. Енергетичний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності природно-техногенно-соціальної системи України в умовах територіального розподілу складів боєприпасів і підприємств з їх утилізації / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // *Системи озброєння і військова техніка: Зб. наук. праць*. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 4 (36). – С. 47–56.
 14. Калугін В.Д. Оцінка сумарного впливу складових техногенного навантаження на загальний рівень небезпеки життєдіяльності території України / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // *Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил*. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 4(37). – С. 189 – 197.
 15. Ким Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. / Дж.-О. Ким, Ч.У. Мюллер, У.Р. Клекка, М.С. Олдендерфер, Р.К. Блэшфилд. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
 16. Тютюник В.В. Основні принципи інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // *Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил*. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2008. – Вип. 3(18). – С. 179–180.
 17. Калугін В.Д. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // *Системи обробки інформації: Зб. наук. праць*. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 9 (116). – С. 204–216.

1. Chernogor L.F. *Physics and ecology of disasters* / L.F. Chornogor - Kharkov: Karazin Kharkov National University, 2012. - 556 p
2. Barishpolets V.A. *System analysis of disasters occurring in the world* / V.A. Barishpolets // *Radio electronics. Nanosystems. Information technology*. - 2010. - T. 2. - № 1-2. - S. 162-176.
3. Bychenok M.M., *Problems of natural and technogenic safety in Ukraine* / M.M. Bychenok, OM Trofimchuk - Kyiv: NSDC, 2002. - 153 p.
4. Tyutyuny`k V.V., Shevchenko R.I., Tyutyuny`k O.V. *Evaluation of individual dangers population of regions of Ukraine in emergencies* // *Emergency Issues: Coll. Science. works*. - Kharkiv University of Civil Defense of Ukraine, 2009. - Vol. 9. - P. 146-157.
5. Tyutyuny`k V.V., Chornogor L.F., Kalugin V.D. *Sy`stemny`j pidxid do ocinky` nebezpeky` zhy`ttyediyal`nosti pry` tery`torial`no-chasovomu rozpodili energiyi dzherel nadzvy`chajny`x sy`tuacij. Trudy "Problemy` nadzvy`chajny`x sy`tuacij"*. Xarkiv, Publishing centre "Nacional`ny`j univetsy`tet cy`vil`nogo zaxy`stu Ukrayiny`", 2011, no. 14, pp. 171 – 194.
6. Kalugin V.D., Tyutyuny`k V.V., Chornogor L.F., Shevchenko R.I. *Systematic approach to risk assessment emergencies in Ukraine*, East -European journal of innovative technologies- 2012, №. 1/6 (55), pp. 59 – 70.
7. Pitul'ko V.M. *Scientific support of risk management failures and accidents* / V.M. Pitulko // *Engineering ecology*, 1996. no. 3, pp. 36 – 44.
8. Grazhdankin A.I., Lisanov M.V., Pecherkin A.S. *Using probabilistic assessment in the safety analysis of hazardous production facilities* // *Safety in industry*, 2002, no. 2, pp. 12 – 20.
9. Kondrat'ev V.D., Tolstykh A.V., Uandykov B.K., Shchepkin A.V. *Comprehensive assessment of the level of risk of a dangerous object. System of management and information technologies*, 2004, №. 3(15), pp. 53 – 57.
10. Kalugin V.D., Kovregin V.V., Tyutyuny`k V.V., Chornogor L.F., Shevchenko R.I. *Evaluation of fire hazard in Ukraine by analyzing the energy performance of state life* // *Fire safety: Coll. Science. works*. - Lviv, Lviv State University of life safety, 2013. - № 22. - P. 99-112.
11. Kalugin V.D., Tiutiunik V.V., Chernogor L.F., Shevchenko R.I. *Assessing the level of chemical hazards in Ukraine based on the analysis of energy vital signs* // *Energetics*. - Ivano-Frankivsk: Ivano-Frankivsky national technocal university of oil and gas, 2013. - № 1 (19). - P. 109-123.
12. Kalugin V.D., Tyutyuny`k V.V., Chornogor L.F., Shevchenko R.I. *The energy approach to assessing the ecological condition of natural and man-caused social system of Ukraine under everyday functioning* // *Coll. Science Works of Sevastopol National University of Nuclear Energy and Industry*, 2013. - Vol. 4 (48). - P. 196-208.
13. Kalugin V.D., Tyutyuny`k V.V., Chornogor L.F., Shevchenko R.I. *The energy approach to risk assessment of natural and technogenic life and social system of Ukraine in terms of spatial distribution of ammunition depots and enterprises with their recycling* // *Weapon systems and military equipment: Coll. Science. works*. - Kharkiv, Kozhedub Kharkiv Air Force University them , 2013. - Vol. 4 (36). - P. 47-56.
14. Kalugin V.D., Tyutyuny`k V.V., Chornogor L.F., Shevchenko R.I. *Evaluation of the total impact of anthropogenic impact on the components of the overall hazard of life in Ukraine* // *Coll. Science. works of Kharkiv Air Force University*. - Kharkiv, Ivana Kozheduba Kharkiv Air Force University, 2013. - Vol. 4 (37). - S. 189 - 197, 2013, no. 4(37), pp. 189 – 197.
15. Kim Dzh.-O., Myuller Ch.U., Klekka U.R., Oldenderfer M.S., Bleshfield R.K. *Factorial, discriminant and cluster analysis: transl. from English*. - M. : Finance and Statistics, 1989. - 215 p.
16. Tyutyuny`k V.V., Shevchenko R.I. *Basic principles of integrated security systems in emergencies* / VV Tyutyuny`k, RI Shevchenko // *Coll. Science. works of Kharkiv Air Force*

University. - Kharkiv, Ivana Kozheduba Kharkiv Air Force University, 2008. - Vol. 3 (18). - P. 179-180.

17. Kalugin V.D., Tyutyuny`k V.V., Chornogor L.F., Shevchenko R.I. Developing the scientific and technical basis for establishing a system of monitoring, prevention and liquidation of emergency situations of natural and man-made disasters and environmental safety // Information processing systems: Coll. Of Scientific works. - Kharkiv, Ivana Kozheduba Kharkiv Air Force University , 2013. - Vol. 9 (116). - S. 204-216.

В.В. Тютюник, Н.В. Бондарев, Р.И. Шевченко, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугин
ОСОБЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ ПО
ОСНОВНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ПОВСЕДНЕВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И
ПРОЯВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ

В работе методами дискриминантного и канонического анализом проведена оценка результатов кластеризации территории Украины и получены математические зависимости для достоверной классификации территории Украины по группам основных показателей повседневного функционирования и проявления техногенной опасности.

V.V. Tiutiunik, N.V. Bondarev, R.I. Shevchenko, L.F. Chernogor, V.D. Kalugin
FEATURES OF CLASSIFICATION OF THE TERRITORY OF UKRAINE ON TO THE
MAIN INDICATORS OF DAILY FUNCTIONING AND MANIFESTATION OF
TECHNOGENIC DANGER

In work as methods of discriminant and initial analyses the assessment of results of a clustering of the territory of Ukraine is carried out and mathematical dependences for reliable classification of the territory of Ukraine by groups of the main indicators of daily functioning and manifestation of technogenic danger are received.

УДК 629.039

Е.В. АЗАРЕНКО¹, О.В. БЛЯШЕНКО¹, В.Е. КОВАЧ², М.М. ДИВИЗИНЮК²

¹ Севастопольский университет ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь

² ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев

ХРОНОЛОГИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИХ РАЗВИТИЯ

Рассматриваются хронологии крупнейших природных и техногенных катастроф, обобщаются закономерности их возникновения и их развития, предлагаются критерии описания чрезвычайных ситуаций, в соответствии с которыми она условно может разделяться на пять этапов, а именно: повседневного накопления негативных факторов, их экстремального развития, катастрофического события, ликвидация его последствий и отдаленные последствия.

Введение

Предотвращение чрезвычайных ситуаций – актуальная многоплановая задача, которая стоит и перед специальными государственными службами и ведомствами, и перед учеными и инженерами, обеспечивающими фундаментальные и прикладные научные исследования [1,2]. Мир в целом и государство Украина в частности постоянно сотрясают катаклизмы природного и техногенного характера [3,4]. Это землетрясения, наводнения, оползни, лесные пожары, с одной стороны, с другой – катастрофы на железнодорожном и автомобильном транспорте, аварии на предприятиях и проблемы с полигонами бытовых отходов [5,6]. В то же время детальный анализ некоторых чрезвычайных ситуаций [7–9] позволяет предположить, что большинство чрезвычайных ситуаций как опасный процесс могут разделяться на одни и те же этапы и описываться общими математическими закономерностями. В первую очередь это может позволить заблаговременно моделировать и прогнозировать экстремальные ситуации, вырабатывать предложения и управленческие решения по предотвращению чрезвычайных ситуаций, аварий и катастроф, а в случае их возникновения минимизировать ущерб и в кратчайшее время восстановить нормальную жизнедеятельность на пострадавших объектах и территориях.

Постановка цели и задач научного исследования

Целью данной работы является разработка критериев и в соответствии с ними разделение процесса протекания чрезвычайной ситуации на этапы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие научные задачи. Во-первых, рассмотреть хронологию крупнейших чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Во-вторых, обосновать выбор критериев описания чрезвычайной ситуации как пространственно-временного процесса. В-третьих, предложить основные этапы развития чрезвычайной ситуации.

Хронология чрезвычайных ситуаций.

Кратко рассмотрим хронологию крупнейших катастроф природного (землетрясения, цунами, наводнения, пожары и т.д.), техногенного (аварии на АЭС, химических и нефтеперерабатывающих предприятиях, на транспорте и т.п.) и социального характера.

Землетрясения – это подземные толчки и колебания поверхности Земли, вызванные главным образом тектоническими процессами. Они наиболее известны по тем опустошениям, которые способны произвести. Наиболее разрушительные из них (магнитудой более 7 баллов по шкале Рихтера) были 28.12.1908 года в Мессине (Италия, погибло более 125 тыс. человек), 16.12.1920 года в Нинься-Ганьсу (Китай – более 240 тыс. человек), 06.10.1948 г. в Ашхабаде (более 130 тыс. челлвек), 28.07.1976 г. в Тяньшане

(Китай – более 650 тыс. человек), 22.02.2010 г. в Модле (Чили – более 200 тыс. человек). Анализ хронологии этих и других землетрясений, выполненный отечественными и зарубежными учеными показывает, что событиями, предшествующими подземным толчкам было исчезновение птиц, беспокойное поведение домашних животных, бегство кошек и собак из домов, замирание погодных климатических явлений (стихание ветра, отсутствие осадков и др.) и т.п.

Землетрясения, происходящие на дне океанов, другое катастрофическое явление цунами. Наиболее разрушительными из них были Северно-Курильское (05.11.1952 – уничтожен город и проживающие в нем люди), Аляскинское (09.03.1957 г. и 28.03.1964 г. – разрушившие береговую черту, прибрежные поселки, погибло 300 человек), Индийское (26.12.2004 г. погибло более 200 тыс. человек в Индонезии, Шри-Ланке, Таиланде), Японское (11.03.2011 г., приведшее к аварии на Фукусиме). Анализ хронологии этих и других цунами показывает, что перед наступлением катастрофического события в приповерхностные слои поднимаются рыбы, обитающие на глубине океана, морские млекопитающие и птицы покидают прибрежные районы, природа затихает.

Наводнение – это затопление территорий водой в результате паводка, обильных осадков, таяния снега и др. Для Украины это практически ежегодные катастрофы. Анализ этих событий, а также наводнений в Великобритании, России и других странах показывает, что им предшествуют вполне определенные признаки. Правда, в отличие от землетрясений и цунами, эти катастрофы не так быстротечны, хотя разрушения и жертвы от них могут быть соизмеримы. Кроме этого, здесь человек может влиять на ход событий и уменьшать степень наносимого ущерба.

Пожар это неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества и государства. Наиболее катастрофические из них лесные пожары. Рассмотрение лесных пожаров, имевших место в Канаде, России, Греции показывают, что этим природным явлениям предшествовали, как правило, одни и те же факторы (отсутствие осадков, засуха, гроза, молния и т.п.). В этих случаях человек также влияет на ситуацию, уменьшая величину наносимого ущерба.

Следовательно, в чрезвычайных ситуациях природного характера четко просматривается период, предшествовавший катастрофе, само катастрофическое событие и период, следующий по его окончанию.

Среди технических катастроф на потенциально опасных объектах в отдельную группу выделяют ядерные объекты, химические производства, нефтеперерабатывающие и другие предприятия. Трагедии на атомных электростанциях, произошедших 28.03.1979 г. в Три-Майл-Айленде, 26.04.1986 г. в Чернобыле, 11.03.2011 г. в Фукусиме имеют ряд общих свойств. Во-первых, это катастрофически глобальные последствия, вызванные радиоактивным загрязнением. Во-вторых, начавшаяся катастрофа продолжалась достаточно большой промежуток времени, пока не была локализована. В-третьих, катастрофическому событию предшествовали ошибки персонала, в том числе и конструктивные недоработки. Эти три закономерности также прослеживаются и на химических и на нефтеперерабатывающих производствах.

Все транспортные средства – автомобильные, железнодорожные, авиационные, водные, являются потенциально-опасными объектами, а аварии на них происходят вследствие ряда причин, определяемых техническим состоянием транспортного средства, дорожными и погодными условиями, состоянием здоровья и психоэмоционального настроения экипажа и др. Катастрофическое событие может быть скоротечным, но на долгое время блокировать движение по автомобильным и железным дорогам, загрязнять окружающую среду (например, нефтепродуктами, вызывать пожары и т.п.).

Социальные потрясения антиконституционной направленности, тем более террористические акты, не совершаются без предварительной подготовки и имеют вполне определенные последствия.

Таким образом, при рассмотрении чрезвычайной ситуации как пространственно-временного процесса (пространственно привязанного к определенному объекту, району, региону и т.п.) необходимо выделять само катастрофическое событие, определяемое чрезвычайной ситуацией, предшествующий этому событию и последующий после него периоды.

Критерии описания чрезвычайных ситуаций как пространственно-временного процесса.

Главный вопрос описания любой пространственно-временной ситуации состоит в определении цели этого описания, что позволит в соответствии с этой целью выбрать критерии описания рассматриваемого процесса. Цель описания чрезвычайной ситуации состоит в построении модели, с помощью которой можно будет исследовать пространственно-временной процесс: задавать параметры выбранной модели, изучить полученные выборки. В свою очередь это позволит создавать алгоритмы, воздействующие на моделируемый процесс и в последующем адаптировать эти алгоритмы в реальной жизни.

После определения цели следует выбор критериев, в соответствии с которыми будет описываться процесс и строиться алгоритм. Здесь на этапе постановки конкретной задачи, формирования исходных и выходных данных возникает вопрос – какая информация нужна в первую очередь, какие параметры дублируют друг друга. Как правило, возникает проблема, что стремление учесть как можно больше полезной информации приводит к ее избытку. На практике это приводит к засорению, шумовому окрасу полученной информации, на основании которой будет приниматься управляющее решение. Практика моделирования знает много ситуаций, когда из определенных (выбранных) критериев ключевыми оказываются один-два, а попытки использовать все критерии в конечном итоге ухудшает качество искомого управляющего алгоритма.

Процесс адаптации, совершенствования, критерии управляющего алгоритма иногда принято называть обучением, а полученные результаты в процессе моделирования обучающей выборкой. Качество управляющего алгоритма также определяют по количеству ошибок в обучающей выборке. По мере увеличения числа критериев (и, соответственно, параметров модели) средняя ошибка на обучающей выборке плавно убывает. В то же время средние ошибки на независимых контрольных выборках первоначально уменьшаются, доходят до минимального экстремума, а затем начинают возрастать. Это явление называют переобучением, когда в сложных моделях избыточные степени свободы затрачиваются на трансформацию ошибок измерений и погрешностей модели, а не на восстановление зависимости исследуемого процесса. Переобучение результат стремления к совершенству, которое возникает в большинстве практических задач в самых различных предметных областях.

С учетом этих позиций критерием описания чрезвычайной ситуации является именно одно катастрофическое событие, которое может произойти. Например, на энергоблоке АЭС могут произойти катастрофические события, обусловленные повреждением активной зоны реактора, разгерметизацией первого контура, потере конденсата второго контура. Все эти факторы независимых друг от друга событий приводят к радиоактивному загрязнению окружающей среды. Каждое из этих событий имеет набор вполне определенных моделей, которые описывают каждое из этих событий, обусловленное конкретными техническими факторами, имеет разработанные управляющие алгоритмы, которые позволяют держать ситуацию под контролем. Беря за основу катастрофическое событие, радиоактивное заражение местности нам придется делать новую громоздкую модель, в которую составными частями войдут три предыдущие и еще три десятка моделей, учитывающих факторы, определяющие технологический цикл АЭС.

Второй критерий – это вероятность происхождения катастрофического события. Оно может зависеть от множества факторов, но как было показано выше, чем конкретнее катастрофическое событие, тем проще будет модель, описывающая его, тем совершенней будет алгоритм, позволяющий прогнозировать и воздействовать на протекание процесса чрезвычайной ситуации. Вероятность происхождения или наступления катастрофического события как функция времени позволит наглядно отобразить процесс и качественно оценивать ситуацию.

Третий критерий, описывающий ситуацию после наступления катастрофического события, степень снижения негативных последствий. Численно она определяется вероятностью снижения уровня последствий. В ряде случаев степень снижения негативных последствий может быть оценена коэффициентом снижения уровня последствий, который численно равен объему фактических потерь (затрат, убытков и др.) к максимально возможным (максимально расчетным). Соответственно, чем ниже значение коэффициента, тем выше степень снижения негативных последствий, и наоборот.

Таким образом, для описания чрезвычайной ситуации как пространственно-временного процесса, необходимо использовать три критерия, а именно: четкое определение катастрофического события, вокруг которого будет формироваться эта чрезвычайная ситуация, вероятность наступления этого события и степень снижения негативных последствий, после его поступления.

Основные этапы развития чрезвычайной ситуации.

Рассмотрение ранее хронологий природных и техногенных катастроф, выбор критериев для описания чрезвычайных ситуаций, а также анализ и описание конкретных катастроф позволяет выделить основные пять этапов развития чрезвычайной ситуации. Первый – это повседневное накопление негативных факторов. Второй – экстремальное накопление негативных факторов. Третье – само катастрофическое событие. Четвертый – ликвидация последствий катастрофического события. Пятый – отдаленные последствия катастрофического события. Схематично эти этапы графически представлены на рис. 1. Первый этап развития чрезвычайной ситуации – это фактически наша повседневная жизнь, в которой, с одной стороны мы выполняем свои функциональные обязанности, с другой стороны, мы созерцаем окружающий нас мир и реагируем на его экстремальное изменение, например, сообщаем соответствующим службам о ночном прорыве водопровода, дорожно-транспортном происшествии и др. Здесь на первый план выступает информационный аспект в форме обучения. Оно должно проводиться по двум направлениям. Первое связано с профессиональной деятельностью человека. Он должен, как специалист определенного профиля, знать, к чему может привести пренебрежение мерами безопасности либо невыполнение элементарных на первый взгляд банальных, обязательных действий и процедур. Второе связано с набором «правил выживания», правил поведения в экстремальных ситуациях. Простейшие, когда они проходят рядом и должны четко знать, куда звонить, как оказать первую помощь. Более сложные – когда оказываешься в аварийном автобусе или поезде, обесточенном лифте и т.д. Кроме того, человек также должен быть ознакомлен с законодательной базой, действующей в государстве. В это же время на предприятиях, транспорте и других (даже на потенциально опасных объектах) ежедневные мероприятия, которые прописаны в соответствующих должностных инструкциях, но в силу каких-то субъективных причин не выполняются. Например, проверка сопротивления изоляции силового резервного кабеля на предприятии, на осмотр дренажных стоков оползневого склона.

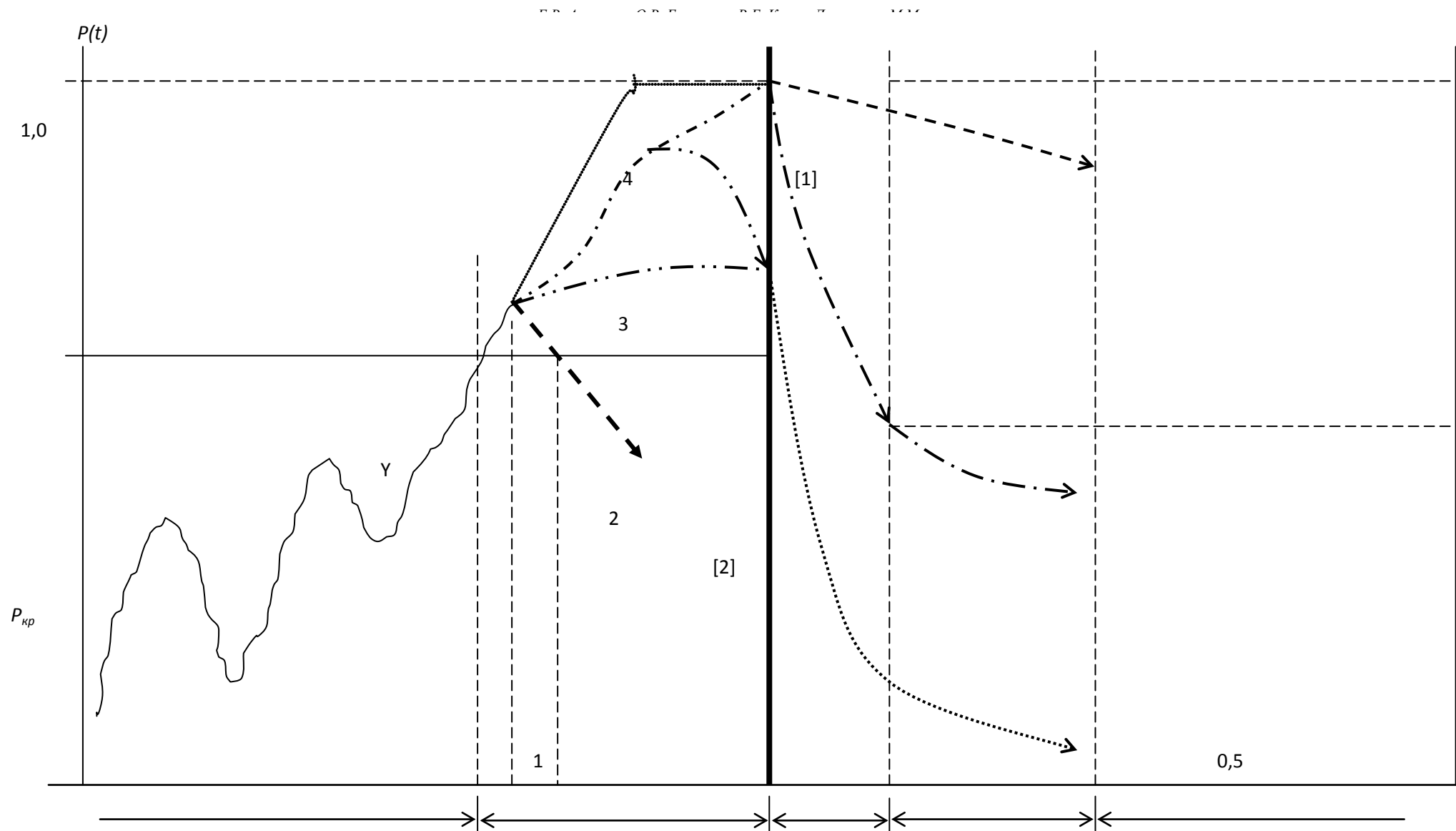


Рис.1. Схема развития чрезвычайной ситуации

И в первом, и во втором случае это элементарные операции, которые должны выполняться с определенной периодичностью. Невыполнение этих мероприятий в конечном итоге приводит к накоплению повседневного негативного фактора. Накопление негативных факторов проявляется в повышении значения вероятности катастрофического события. Эта вероятность должна расти и падать, она может осознаваться или нет, вычисляться или качественно оцениваться руководством. Пока эти колебания не достигают критического порога – $P_{кр}$ в момент времени $t_{кр}$. Происходит переход ко второму этапу.

Второй этап определяется как переход непосредственно к экстремальной ситуации. Его называют этапом экстремального развития ситуации. Суть его состоит в том, что множество факторов, описывающих состояние техногенного или природного объекта, отмечают на нем рост риска возникновения чрезвычайной ситуации, которое означает, что фактически он вышел из строя и его нельзя использовать. В наших примерах в первом случае это падение сопротивления изоляции резервного кабеля, а во втором – это забитые (загрязненные) части дренажных стоков оползневого склона и напитывание его влагой, что в любой момент может вызвать оползень и привести к обвалу дороги, проходящей рядом. Наступление второго этапа объективно, но его еще необходимо осознать и начать действовать. На графике это точка обозначается как Y – начало экстремального (чрезвычайного) управления, которое происходит в момент времени t_y . На этом этапе возможно пять типовых случаев развития событий. Первый, когда начинает развиваться экстремальная ситуация, принятыми мерами все предпосылки возможных аварий и катастроф оперативно ликвидируются в кратчайший промежуток времени. Вся система (предприятие, природный объект и др.) возвращается в исходное состояние, где по-прежнему происходят различные процессы накопления повседневных негативных факторов. Этот момент времени стабилизации t_{cm} . Этот сценарий называют благоприятным (на графике линия 1).

Второй сценарий носит название оперативного. Он состоит в том, что принятыми мерами риск (вероятность аварии) или катастрофического события остается достаточно высокий, но ситуация находится под контролем, однако первоначальные причины остаются не завершенными. Они сохраняются достаточно продолжительное время в силу сложности или продолжительности их нейтрализации (на графике линия 2).

Третий вариант сценария развития событий называют «балансированием на грани». Об этом говорят иногда, как о чуде, о чем-то фантастическом, невозможном. Фактически происходит то, что комплексом принятых мер, усилий, действий и т.д., авария или другое катастрофическое событие не происходит. Дальнейшими действиями ситуация сводится ко второму, а затем первому сценариям (на графике линия 3).

Четвертый вариант – когда балансированием на грани не удалось сдержать ситуацию, и катастрофическое событие все-таки наступает (на графике линия 4).

Пятый вариант сценария развития событий называют неотвратимым, когда лавинообразное развитие события таково, что чрезвычайное событие произойдет в любом случае. Интервал времени, который остается до наступления самого катастрофического события, можно использовать для какой-то минимизации грядущих последствий. Например, загорелась струйка бензина из поврежденного бензобака при дорожно-транспортном происшествии. С момента воспламенения до взрыва проходит несколько секунд, которых может быть недостаточно для того, чтобы потушить огонь, но наверняка хватит, чтобы упасть на землю и уменьшить воздействие взрывной волны. Или другой фактический пример. Землетрясение в декабре 2004 года в Индийском океане зафиксировали все сейсмостанции мира, и практически все геофизики высказались о том, что возникнет гигантская волна-цунами. С момента фиксации землетрясения до прихода цунами прошло от нескольких десятков минут до нескольких часов в зависимости от

расстояния, но никто не шевельнулся, чтобы уйти с побережья. Результат – более двухсот тысяч погибших.

Второй этап развития чрезвычайной ситуации в информационном плане более сложный. С одной стороны, законодательные акты государства Украина требуют информировать граждан обо всех факторах, которые влияют на их жизнь и здоровье. С другой стороны, неправильно поданная информация может вызвать панику среди населения. Например, любая информация с ядерного объекта, какими являются атомные электростанции, о нестандартной ситуации вызывает у граждан реакцию, которую теперь называют Чернобыльским синдромом или фактором Фокусимы. Здесь необходимо отметить такую информационную характеристику, как ее целостность. Если освещать развитие чрезвычайной ситуации не в полном объеме, что она развивалась, и опасности уже нет, а только выдергивать отдельные факты из контекста, то подобное информирование населения может стать источников новых чрезвычайных ситуаций, которые будут проявляться в массовом отъезде граждан или скупкой долгохранящихся продуктов и т.п.

Особый вопрос, когда ситуация развивается по относительно благоприятному (второму или третьему) сценарию. Привлечение дополнительных сил и средств позволяет держать все под контролем, но любая информация, попавшая в руки некомпетентных людей, может привести к негативным последствиям среди населения. По этим причинам весь информационный обмен должен быть конфиденциальным. В то же время информация о развитии чрезвычайной ситуации, о всех технических службах, используемых в технологических процессах, а также в интересах предотвращения экстремальной обстановки, так и взаимодействующими подразделениями, оказывающим помощь.

Третий этап развития чрезвычайной ситуации – это наступление самого катастрофического события. Если оно скоротечно, например, обвал дороги, взрыв моста, столкновение поездов, падение самолета и др., время t_{xc} – соответствует времени катастрофы. Если же оно продолжительно, как наводнение, извержение вулкана, лесной пожар и т.п., то t_{xc} – это время начала катастрофического события. С момента его начала оно проходит фазы развития, апогея, затухания и прекращения. На рис. 2.1 показаны результаты управленческих действий, характеризуемых коэффициентом $K(t)$ – снижение негативных последствий. В первом случае, как показано на рис. 2.1, ущерб близок к максимальному (коэффициент близок к 1) (линия [1]), во втором случае (линия [2]) ущерб уменьшен в 2 раза и в третьем (линия [3]) минимизирован.

Четвертый этап – ликвидация последствий катастрофического события. Он характеризуется также степенью снижения. Еще раз отметим, что этот этап может быть скоротечным (до нескольких минут) и более длительным (несколько суток и более) – это столкновение судов, нарушения в герметичности корпуса и разлом судна, попадание ракеты в носовую надстройку и пожар. Каждое из катастрофических событий имеет свое начало, развитие, апогей, затухание и окончание. Например, рассмотрим последнее событие. Попадание ракеты, взрыв, возгорание горючих веществ и материалов на корабле и осколков ракеты – это начало события. Затем распространение огня, увеличение площади пожара, рост температуры горения и т.д. – это развитие события, которое достигает своего апогея – наивысшей точки развития. Принимаемыми мерами пожар тушится, уменьшается площадь возгорания – это затухание события. Наконец, пожар полностью потушен и осмотром всех помещений новых источников возгорания не обнаружено – это окончание события.

Четвертый этап – ликвидация последствий катастрофического события. Он характеризуется так же, как и третий период степенью снижения ожидаемого ущерба. Это также этап прогностических и ликвидационных мероприятий. Если катастрофическое событие скоротечное, то оно наступает после третьего этапа. Например, столкновение

судов, разлом одного из них и последнее скоротечное затопление. Наступает четвертый этап – спасение людей, оказавшихся в воде. В случае, если катастрофическое событие носит длительный характер, например, посадка танкера на мель и разлив нефтепродуктов из поврежденных танков, то четвертый этап, а именно, выполнение прогностических расчетов, определение необходимых сил и средств для ликвидации разлива и непосредственно ликвидационные мероприятия выполняются в кратчайший срок, задолго до того, как аварийные танки окажутся пустыми. Этот этап может охватывать промежуток времени от нескольких дней до нескольких месяцев. Он завершится тогда, когда все признаки и последствия катастрофического события ликвидированы, и нет никакой угрозы нормальной повседневной жизни и деятельности людей.

Пятый этап – отдаленные последствия, которые могут проявляться через десятки месяцев (например, появление вторичных нефтяных загрязнений как результат всплытия на водную поверхность объемных эмульгированных нефтяных загрязнений морской и океанической водной толще) или через десятки лет (например, у детей родителей, принимавших участие в ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы).

Таким образом, протекание чрезвычайной ситуации как пространственно-временного процесса условно можно разделить на пять этапов: первый – повседневного накопления негативных факторов, второй – экстремального их развития, третий – катастрофического события, четвертый – ликвидация его последствий, пятый – отдаленные последствия катастрофического события.

Выводы

1. При рассмотрении чрезвычайной ситуации как пространственно-временного процесса (пространственно привязанного к определенному объекту, району, региону и т.п.) необходимо выделять само катастрофическое событие, определяемое чрезвычайной ситуацией, предшествующий этому событию и последующий после него периоды.

2. Для описания чрезвычайной ситуации как пространственно-временного процесса необходимо использовать три критерии, а именно: четкое определение катастрофического события, вокруг которого будет формироваться эта чрезвычайная ситуация, вероятность наступления этого события и степень снижения негативных последствий, после его поступления.

3. Протекание чрезвычайной ситуации как пространственно-временного процесса условно можно разделить на пять этапов: первый – повседневного накопления негативных факторов, второй – экстремального их развития, третий – катастрофического события, четвертый – ликвидация его последствий, пятый – отдаленные последствия катастрофического события

1. Закон о физической защите ядерных установок, ядерных материалов, радиоактивных отходов, других источников ионизирующего излучения. Доступ : www.zakon.gov.ua

2. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: навч. посібник / В.М. Ісаєнко, Т.В. Дудар, Г.В. Лисиченко та ін. – Київ: Вид-во НАУ «ННАУ друк», 2009. – 312 с.

3. Азаренко Е.В., Гончаренко Ю.Ю., Дивизинюк М.М. Проблема управления экологической безопасностью прибрежных вод и пути ее решения // Збірник наукових праць «Системи обробки інформації». – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2012. – Вип. 2 (100). – С. 271–275.

4. Азаренко Е.В. Геоинформационная система акваторий Севастополя как средство управления чрезвычайной ситуацией / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, Л.В. Третьякова и др. // Збірник наукових праць СКУЯЕтаП. – Севастополь: СКУЯЕтаП, 2011. – Вип. 3 (39). – С. 146–153.

5. Гончаренко Ю.Ю. Структурно-логическая модель развития чрезвычайной ситуации, вызванной разливом нефти / Ю.Ю. Гончаренко, Ю.В. Браславский, В.Н. Григорьева // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП. – Вып. 4 (36). – Севастополь: СНУЯЭиП, 2010. – С. 222–227.

6. Гончаренко Ю.Ю. Обоснование требований к системе поддержки принятия решений по предотвращению чрезвычайных ситуаций на рейдах морских портов / Ю.Ю. Гончаренко, Л.В. Третьякова, А.Н. Фурсенко и др. // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП. – Вып. 1 (33). – Севастополь: СНУЯЭиП, 2010. – С. 215–218.

7. Гончаренко Ю.Ю. Этапы развития чрезвычайной ситуации, вызванной загрязнением водной среды нефтепродуктами / Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк, А.Н. Фурсенко и др. // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП. – Вып. 2 (34). – Севастополь: СНУЯЭиП, 2010. – С. 83–87.

8. Гончаренко Ю.Ю. Основные требования к системе поддержки принятия решений по предотвращению чрезвычайных ситуаций в прибрежных водах / Ю.Ю. Гончаренко, Е.В. Азаренко, А.Н. Фурсенко и др. // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП. – Вып. 2 (34). – Севастополь: СНУЯЭиП, 2010. – С. 216–220.

9. Гончаренко Ю.Ю. Влияние искусственных препятствий нефтяному разливу на развитие чрезвычайных ситуаций / Ю.Ю. Гончаренко, Ю.В. Браславский, Н.Г. Хамин и др. // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП. – Вып. 3 (35). – Севастополь: СНУЯЭиП, 2010. – С. 75–79.

1. Law on physical protection of nuclear installations, nuclear materials, radioactive waste and other sources of ionizing radiation. Access: www.zakon.gov.ua

2. Monitoring and methods of measuring of environmental parameters/ V.M Isayenko, T.V. Dudar, G.V. Lysychenko and others. - Kyiv: NAU «NAU publishing", 2009. - 312 p.

3. Azarenko E.V., Goncharenko Yu, M. Diviziniuk Problem management of ecological safety of water path and problems of its solution // Scientific Papers "Information processing systems". - Kharkiv, Ivan Kozhedub Kharkiv Air Force University, 2012. - Vol. 2 (100). - P. 271-275.

4. Azarenko E.V. GIS system of Sevastopol waters as funds of emergency management / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Goncharenko, L.V. Tretyakova and others // Scientific Papers SNUNEP. - Sevastopol SNUNEP, 2011. - Vol. 3 (39). - P. 146-153.

5. Goncharenko Yu. Structural and logical model of development of emergency, caused by oil spill / Yu.Yu. Goncharenko, Yu. Braslavskyy, V.N. Grigoriev // Scientific papers. SNUNEP. - Vol. 4 (36). - Sevastopol SNUNEP, 2010. - P. 222-227.

6. Goncharenko Yu. Justification of support system for adoption of decisions by predotvraschenyyu chrezvychaynyh situations raids Sea ports / Yu. Goncharenko, L.V. Tretyakova, A.N. Fursenko et al. // Scientific papers SNUNEP. - Vol. 1 (33). - Sevastopol SNUNEP, 2010. - P. 215-218.

7. Goncharenko Yu. Stages of emergency development which is caused by oil contamination / Yu. Goncharenko, M. Diviziniuk, A.N. Fursenko et al. // Scientific papers. SNUNEP. - Vol. 2 (34). - Sevastopol SNUNEP, 2010. - P. 83-87.

8. Goncharenko Yu. Basic requirements for system support adoption of decisions on emergencies predictions in near costs waters / Yu. Goncharenko, E.V. Azarenko, A.N. Fursenko et al. // Scientific papers. SNUNEP. - Vol. 2 (34). - Sevastopol SNUNEP, 2010. - P. 216-220.

9. Goncharenko Yu. Influence of artificial barriers to develop of oil spill emergencies / Yu. Goncharenko, Y. Braslavskyy, N.G. Hamyn et al. // Scientific papers. SNUNEP. - Vol. 3 (35). - Sevastopol SNUNEP, 2010. - P. 75-79.

Є.В. Азаренко, О.В. Бляшенко, В.О. Ковач, М.М. Дівізінюк
ХРОНОЛОГІЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА ОСНОВНІ ЕТАПИ ЇХ РОЗВИТКУ

Розглядаються хронології найбільших природних і техногенних катастроф, узагальнюються закономірності їх виникнення та їх розвитку, пропонуються критерії опису надзвичайних ситуацій, відповідно до яких вона умовно може розділятися на п'ять етапів, а саме: повсякденного накопичення негативних факторів, їх екстремального розвитку, катастрофічної події, ліквідація його наслідків і віддалені наслідки.

E. Azarenko, O. Bliashenko., V. Kovach, M. Diviziniuk
CHRONOLOGY OF THE EMERGENCIES AND THE MAIN PERIODS OF THEIR DEVELOPMENT

In the paper is considered the chronology of the greatest natural and man-made disasters, are generalized patterns of their occurrence and development. Authors suggest criteria of emergencies description, in accordance with the it can conditionally be divided into five stages, namely: daily accumulation of negative factors, their extreme development, a catastrophic event, the elimination of its effects and long-term consequences.

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК: 538.955

Ю.І. СЕМЕНЦОВ¹, О.П. ЯЦЮК², М.О. НІКУЛІН²

1 Інститут хімії поверхні НАН України м. Київ

2 Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. м. Київ

АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕРМОРОЗШИРЕНОГО ГРАФІТУ ПО ВІДНОШЕННЮ ДО НАФТОПРОДУКТІВ

Дана робота присвячена вивченню сорбційних властивостей по відношенню до нафти та нафтопродуктів терморозширеного графіту (ТРГ) та порівняння їх з існуючими даними для вуглецевих матриць. В роботі було проведено порівняння сорбційних властивостей ТРГ, його гранульованих зразків, активного вугілля, що використовується для очищення води від розчинних та нерозчинних органічних забрудників та співставлення цих властивостей із структурними характеристиками сорбентів.

Вступ

Проблема збереження і реабілітації довкілля, забезпечення зниження антропогенного навантаження була і залишається великомасштабним завданням, актуальність якого зростає з кожним роком. Нафта і продукти її переробки є високотоксичними речовинами і одними з найбільш поширених на сьогоднішній день забрудниками поверхневих і стічних вод. Не дивлячись на різноманіття наявних розробок, існуючі методи не дозволяють досягти задовільного рівня очищення природних і промислових стічних вод від вуглеводнів нафтової природи при мінімальних витратах, тому вдосконалення таких процесів є актуальним екологічним завданням. Особливе значення має використання адсорбційних технологій [1–2], і, у зв'язку з цим, значний інтерес представляє пошук і дослідження матеріалів неорганічної природи, що володіють високими сорбційними характеристиками [3]. Походження сорбенту є важливим, оскільки при вирішенні питань їх утилізації і (або) регенерації в разі їх органічної основи з'являється ряд додаткових проблем, пов'язаних, в першу чергу, з низькою рентабельністю повернення до технологічного циклу. Відомо [4], що перспективними є матеріали на вуглецевій основі. Проте відсутні систематизовані дані з ефективності використання різних їх типів, порівняльний аналіз, а також межі їх використання.

Дана робота присвячена вивченню сорбційних властивостей терморозширеного графіту (ТРГ) по відношенню до нафти та нафтопродуктів та порівняння їх з існуючими даними для вуглецевих матриць.

Зразки ТРГ одержували з природного графіту різної зольності за методикою з використанням в якості інтеркаланту сірчаної кислоти, та як окиснювача – персульфату амонію та біхромату калію [3].

Визначення питомої поверхні ТРГ

Питома поверхня ТРГ визначалась за адсорбцією: метиленового блакитного (МБ), низькотемпературної адсорбції аргону та змочуваністю деканом (ГОСТ 13144-79).

Величину питомої поверхні ($S_{\text{пит.}}$) по МБ визначали за формулою:

$$S_{\text{пит.}} = (V \cdot C \cdot N \cdot A_m) / (m \cdot M);$$

де: V – об'єм розчину, мл; C – концентрація МБ, г/мл; N – число Авогадро ($6,023 \cdot 10^{23}$); A_m – посадкова площа МБ ($106 \cdot 10^{-20}$, м²); m – маса наважки графіту; M – молекулярна маса МБ (319,9).

Згідно ГОСТ 13144-79 готували вихідний 0,05 % розчин МБ, потім його розбавляли до концентрації 0,0001 %. У пробірку поміщали 50 мг ТРГ, потім додавали 10 мг розчину МБ, ретельно перемішували і залишали в апараті для перемішування на 24 години.

Після відділення розчину МБ від твердої частини, в розчині визначали рівноважну концентрацію МБ за допомогою фотоколориметру КФК-2. Кількість адсорбованого МБ на ТРГ визначали по різниці концентрації МБ до і після адсорбції.

Змочування зразків ТРГ визначали методом капілярного просочення на приладі, описаному в [4]. ТРГ, вагою 10 мг, поміщали до кювети приладу для визначення змочуваності. Визначали початковий об'єм зразка (V_0), потім об'єм зразка після поглинання декану в часі (V_d) до встановлення рівноваги і кінцевий об'єм зразка після змочування (V_k).

Величини насипної густини, питомої поверхні $S_{\text{пит.}}$ зразків, розрахованих за адсорбції МГ і аргону, а також результати визначення змочуваності представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Питома поверхня та змочуваність деканом зразків ТРГ

Параметри	Зразки ТРГ							
	1.1	1.3	1.4	1.5	1.9	6.0	П-1	ГТ-1
Насипна густина γ , г/дм ³	2,0	6,5	2,0	1,4	5,0	2,7	2,0	6,0
$S_{\text{пит.}}$ по МБ, м ² /Г	10	4	10	4	2	2	20	4
$S_{\text{пит.}}$ по аргону, м ² /Г	14	7	19	32	7	42	-	-
V_0 , см ³	2,3	0,9	2,0	2,3	1,0	1,1	2,0	1,1
V_k , см ³	1,2	0,7	0,8	1,1	0,75	0,7	1,2	0,7
V_d , см ³	0,8	0,6	0,7	0,8	0,65	0,6	0,8	0,65
Δ , % усадки	47	22	60	52	25	42	40	36

З наведених даних очевидна кореляція між величинами насипної густини, питомої поверхні та змочуваності зразка. Меншій насипній густині відповідає більша питома поверхня та більший об'єм поглинутого декану.

Зразки ТРГ дають усадку в декані та розрив зразків у верхній половині кювети. Систему ТРГ-декан необхідно струшувати для повного насичення деканом, яке відбувається на протязі 1–2 хвилин. Слід зазначити, що при змочуванні деканом або іншою рідиною відзначається зменшення вихідного об'єму зразків ТРГ, яку визначали за формулою: $\Delta_{\text{ус.}} = \{(V_0 - V_k)/V_0\} \cdot 100\%$.

У табл. 1 надані величини усадки в процентному відношенні до вихідного об'єму зразка. Видно, що для зразків з низькою насипною густиною і більшою питомою поверхнею, величини усадки більше 50 %. Для зразків з низькою питомою поверхнею – вона значно нижча, близько 20 %.

Адсорбція на ТРГ нафти та нафтопродуктів

Експеримент проводили при температурі 20 °С, як у [5]. Як абсорбат використовували нафту з родовища Нова Девіна, густиною 0,8 г/см³, в'язкістю (η) – 23 мПа·с., мінеральне масло з η – 915 МПа·с, та η – 245 МПа·с і розчинник декан, η – 0,8 МПа·с. Густина зразків ТРГ з нафтою складала ~0,6 г/см³, а дисперсії ТРГ з водою – 0,67–0,7 г/см³.

Величину граничної сорбційної ємності ТРГ (рис.1.) визначали за формулами

$$\delta(Q) = (m_2 - m_1)/m_1,$$

де: m_1 і m_2 – маса адсорбенту до та після сорбції [1].

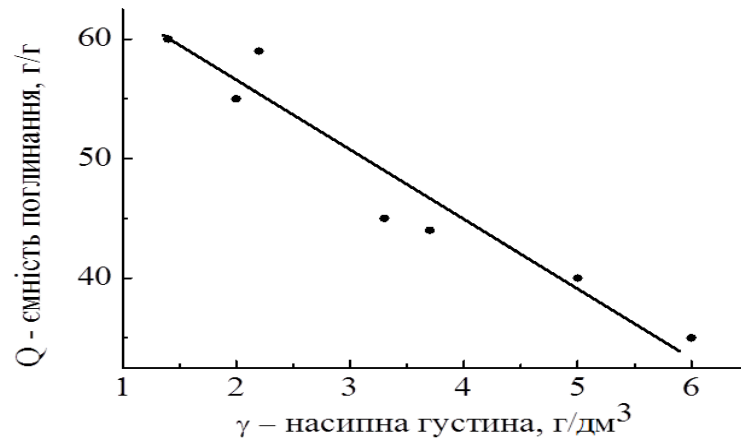


Рис. 1. Залежність сорбційної ємності ТРГ від його насипної густини.

З рис. 1 видно, що сорбційна ємність, можна вважати, лінійно зростає зі зменшенням насипної густини, тобто збільшення питомої поверхні зразків ТРГ.

В табл. 2 представлені значення адсорбційної властивості, як відношення маси поглинутого нафтопродукту ($m_{\text{П}}$) до маси використаного при цьому сорбенту ($m_{\text{С}}$), час поглинання нафтопродуктів з поверхні води (τ) для ТРГ порівняно з сорбентами, які найчастіше використовуються для очищення забруднених нафтою поверхонь. Як видно з табл. 2, ТРГ має не тільки значно більшу адсорбційну здатність в порівнянні із зарекомендованими сорбентами, але й має додаткові переваги, такі, як можливість отримання необхідної кількості безпосередньо в районі катастрофи, можливість десорбції сорбату та відновлення сорбенту, або утилізацію його після ліквідації забруднення. Економічні переваги у вигляді дешевого сорбенту додають переваг у використанні ТРГ для збору нафти.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика ТРГ та сорбентів, які найчастіше використовуються для очищення забруднених нафтою поверхонь

Вид сорбенту Нафтопродукт	ТРГ		Перліт гідрофобізований		Базальтове волокно	
	τ , с	$m_{\text{П}}/m_{\text{С}}$	τ , с	$m_{\text{П}}/m_{\text{С}}$	τ , с	$m_{\text{П}}/m_{\text{С}}$
Декан ($\eta=0,8$ МПа·с)	3	55	3	4,4	4	7,7
Масло ($\eta=915$ МПа·с)	960	65	2100	5,0	1100	7,0
Масло ($\eta=245$ МПа·с)	150	66	180	4,4	600	8,2
Нафта ($\eta=16$ МПа·с)	55	60	60	4,4	60	8,0

Єдиним недоліком ТРГ при використанні його як сорбенту є мала насипна густина або великий об'єм малої маси. Це є суттєвим в разі необхідності транспортування в готовому вигляді, наприклад авіаційним транспортом, у випадку утворення надзвичайної ситуації. Тому логічним уявляється спроба збільшити густину ТРГ за рахунок його модифікування оліеофільними рідинами та подальшого гранулювання. Як модифікатори використовували розчин парафіну в «Уайт спирт» (суміш бензинових розчинників) та масло марки МС-8П. Після модифікування ТРГ гранулювали, збільшуючи густину. В табл. 3 наведено маслоємність по відношенню до масла МС-8П модифікованих зразків ТРГ позначених, наприклад П-0,08 (парафін 0,08 г до 1 г ТРГ), М-0,51 (масло 0,51 г на 1 г ТРГ).

Таблиця 3. Маслоємність зразків ТРГ по відношенню до масла МС-8П, модифікованих парафіном та маслом, густина гранульованих зразків $\sim 0,03 \text{ г/см}^3$

Зразок	ТРГ	П-0,08	П-0,16	П-0,33	М-0,33	М-0,51	М-0,88	М-1,37
Вміст модифікатору, г/г	парафін				масло			
	0	0,08	0,16	0,33	0,33	0,51	0,88	1,37
Насипна густина, г/дм^3	3,4	6,5	9,5	14,3	7,1	8,3	10,0	14,3
густина, гранул, г/см^3	0,030	0,031	0,027	0,030	0,027	0,027	0,028	0,030
Питомий об'єм, $\text{см}^3/\text{г}$	33,3	32,2	37,0	33,3	37,0	37,0	35,7	33,3
Маслоємність, г/г	7,8	12,9	18,6	16,7	15,2	15,4	17,2	16,2
Маслоємність, г/см^3	0,234	0,401	0,503	0,502	0,411	0,416	0,482	0,486

Після насичення маслом спостерігалось збільшення об'єму гранул ТРГ до 5–10 %. Як видно з наведених в табл. 3 даних, маслоємність має максимум в залежності від вмісту модифікатору як при розрахунку на одиницю маси так і на одиницю об'єму. Величина оптимального вмісту модифікатору складає: парафіну – 0,16 г/г, масла – 0,88 г/г.

Результати дослідження залежності маслоємності від густини гранульованих зразків за оптимальним вмістом модифікатору наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Залежність маслоємності ТРГ від його густини

Матеріал	П-0,16					П-0,33		
Густина, г/см^3	0,013	0,017	0,021	0,027	0,040	0,030	0,042	0,069
Маслоємність, г/г	42,1	32,2	24,2	18,6	9,5	16,7	10,4	5,3
Маслоємність, г/см^3	0,543	0,554	0,503	0,503	0,382	0,502	0,437	0,366

Видно, що із збільшенням питомої густини зразків маслоємність в розрахунку на одиницю маси модифікованого ТРГ падає, проте, можливо досягти невеликого збільшення маслоємності на одиницю об'єму сорбенту за рахунок модифікування.

Відзначимо, що наведені вище результати одержані при моделюванні очищення водної поверхні шляхом механічної обробки ТРГ. Після очищення води за допомогою ТРГ механічним методом концентрація нафтопродуктів становить 32 мг/л, а після очищення води від гудрону – 12,5 мг/л.

При прокачуванні через колонку з ТРГ (зверху), концентрація нафтопродуктів у воді досягла 5,4 – 5,5 мг/л, а при подачі знизу до 0,88 – 1,6 мг/л.

Порівняння сорбційних властивостей ТРГ та вуглецевих матриць при очищенні води від нафти та нафтопродуктів

В роботі [6] було проведено порівняння сорбційних властивостей ТРГ, його гранульованих зразків, активного вугілля, що використовується для очищення води від розчинних та нерозчинних органічних забрудників та співставлення цих властивостей із структурними характеристиками сорбентів. Для дослідження були обрані чотири зразки терморозширеного графіту (ТРГ1– ТРГ4) і гранульовані зразки зі подрібненої фольги ТРГ (ТРФ); активні вугілля (АВ): гранульовані (СКН) і порошок (освітлюючий) (ВС); графітована термічна сажа (ГТС) (табл. 5). Ефективну питому поверхню сорбентів визначали методом теплової десорбції азоту, питомий сумарний об'єм мікро- і мезопор – методом конденсації пари бензолу.

Проби води, забрудненої нафтопродуктами перемішували із зваженими зразками сорбентів за допомогою барботування повітрям. При цьому для визначення концентрації нафтопродуктів у воді вимірювали показник загального вмісту у воді відновників – хімічне споживання кисню (ХСК) в міліграмах кисню, який пішов на окислення речовин, що містяться в 1 дм³ води (мг О₂/л).

Таблиця 5. Характеристики сорбентів: питома поверхня (S, м²/г), питомий об'єм пор (V, см³/г), насипна маса (m, г/дм³), масло поглинання (M, см³/г).

Зразки	S, м ² /г	V, см ³ /г	M, г/дм ³	M, см ³ /г
ТРГ-1	100	0,14	7,0	60
ТРГ2	61	0,17	7,5	56
ТРГ3	34	-	7,9	51
ТРГ4	20	-	7,8	52
ТРФ30	30	-	-	-
ГТС	8	0	-	-
СКН	820	0,45	470	1,4
ВС	1500	0,52	590	2,6

З характеристик сорбентів, наведених у табл. 5, видно, що насипна маса ТРГ в кілька десятків разів менше насипної маси активних вуглецевих матриць та фольги. При цьому маслопоглинання ТРГ-1 (60 см³/г) в 25–40 разів вище, ніж у вуглецевих матриць. З цих даних випливає, що використання ТРГ надзвичайно ефективно при очищенні води від нерозчинних рідких нафтопродуктів.

Кращі кінетичні характеристики зразків ТРГ пов'язані з тим, що ТРГ має структуру, відкриту для дифузії розчинених молекул. Велика частка поверхні ТРГ складається із зовнішньої поверхні частинок дуже малих розмірів, порядку сотень нанометрів. Отже, малий розмір часток ТРГ (значно менший, ніж СКН) зумовив їх високу адсорбційну активність в динамічних умовах.

Описані вище унікальні властивості ТРГ були використані для сорбційного очищення води, забрудненої нафтопродуктами, як на стадії первинного очищення, так і після попереднього очищення води фільтруванням через пісок. З метою дослідження можливості використання ТРГ на первинній стадії очищення стічних вод, сильно забруднених нафтопродуктами, використовували воду, що містить два види забруднень у вигляді органічних речовин (нерозчинних, що плавають у вигляді крапель на поверхні й розчинених у воді). Загальна концентрація органічних речовин за ХСК становила 2000 мг О₂/л, концентрація розчинених – 400 мг О₂/л (значення ГДК для питної води не повинні перевищувати 5 мг О₂/л).

Для первинної стадії очищення початкової стічної води проводили барботування 0,4; 1 і 2 г ТРГ з 500 мл води протягом 80 хв і далі витримували протягом двох діб. Кращою виявилася система, що містить 2 г ТРГ в 500 мл вихідної стічної води, для якої 20-хвилинне барботування призводить до падіння концентрації нафтопродуктів у 250 разів (від 2000 до 8–10 мг О₂/л), що свідчить про високу ефективність ТРГ на першій стадії очищення сильно забрудненої води. Деяке збільшення концентрації нафтопродуктів (до 12–15 мг О₂/л) через дві доби можна пояснити невеликою десорбцією частини вуглеводнів в розчин.

ТРГ використовувався і для доочистки води від розчинної фракції нафтопродуктів. Для цього в 500 мл забрудненої води, яка пройшла стадію фільтрування через пісок і має ГДК – 120 мг О₂/л, вносили також різну кількість ТРГ (0,4; 1,0 і 2,0 г) і протягом години проводили барботування. Збільшення кількості ТРГ покращує кінетику поглинання забруднень і ступінь очищення води. Якщо з 0,4 г ТРГ при барботуванні води протягом 45 хв ще близько 10 % забруднень залишається в розчині, то з 2,0 г ТРГ для практично повного вилучення забруднень достатньо 5 хв барботування.

На прикладі очищення стічних вод від розчинних фракцій нафтопродуктів проведено порівняння поглинальної здатності двох типів сорбентів – ТРГ і порошкоподібного активованого вугілля марки ВС. Останній широко застосовується в очищенні стічних вод, оскільки, як показано в табл. 5, володіє високою питомою поверхнею ($S = 1500 \text{ м}^2/\text{г}$) і великим питомим об'ємом пор ($0,52 \text{ см}^3/\text{г}$).

На рис. 2 представлені дані з поглинання нафтопродуктів при барботуванні 500 мл води з 2 г сорбентів, що має ГДК $120 \text{ мг О}_2/\text{л}$. Видно, що швидкість поглинання забруднень в перші 5 хв досліду на ТРГ вище, ніж на ВС.

Поглиналина здатність ТРГ практично не поступається такою ВС (ГДК становить – 10 і 5 $\text{мг О}_2/\text{л}$, відповідно) і обидва значення перебувають у межах допустимих ГДК очищених стічних вод.

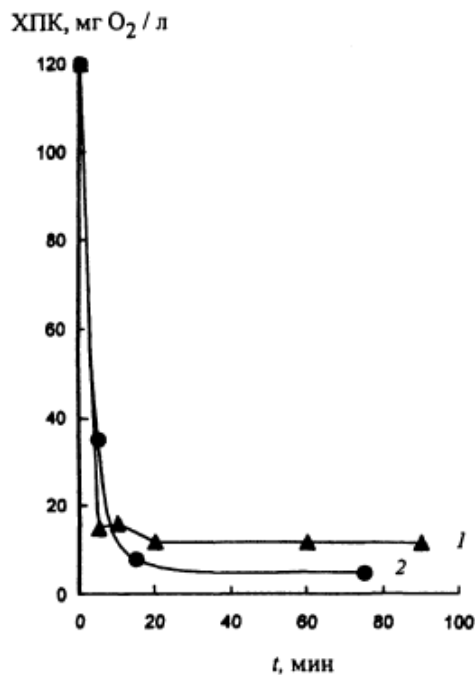


Рис. 2. Порівняння процесів очищення стічних вод барботуванням при використанні: 1 – ТРГ; 2 – активованого вугілля (використовували 500 мл води, 2 г сорбенту).

Висновки

Для збирання товстих шарів нафти з поверхні води, на сьогодні, розроблений і успішно працює ряд ефективних засобів (так званих "скімерів"), які розміщують на спеціальних плавучих засобах. Проблемою є збирання тонких шарів нафти та нафтопродуктів з поверхні води, при хвилюванні більше трьох балів, а тим більше, з поверхні ґрунту. Це можливо виконати тільки за допомогою сорбентів.

В зв'язку з тим, що добування нафти у світі з року в рік не зменшується, необхідність у захисті навколишнього середовища від забруднень тільки збільшується. Тобто збільшується потреба в розробці економічно обґрунтованого виробництва відповідних сорбентів і розробці ефективних мобільних пристроїв для їх застосування та вирішення вказаних екологічних проблем. Необхідність вирішення цих проблем підтверджується ще й тим, що для проведення природоохоронних заходів у розвинених країнах сьогодні виробляється і використовується до 300–400 г сорбентів на людину в рік, і, крім того, обов'язково створюються резерви на випадок екологічних катастроф.

Зокрема іноземні компанії «Chemviron Carbon», «Norit», «Sutcliffe Speakman Carbon» та інші виробляють значну кількість високоякісних, але й дорогих сорбентів. Існують як неорганічні, так і органічні або органомінеральні сорбенти. Окреме місце належить синтетичним сорбентам. Кожен з них має свої недоліки та переваги. Якість сорбентів визначається, насамперед їх ємністю до інгредієнтів, що поглинаються, можливістю десорбції та регенерації сорбенту, можливістю його утилізації. Для збирання нафти та

нафтопродуктів з поверхні води важлива можливість виробництва сорбенту в зоні використання, його гідрофобність і тривала плавучість у насиченому поглиненим продуктом стані. Крім того, суттєвою є можливість виділення сорбованих нафтопродуктів і багаторазове використання сорбентів, їх утилізація при умові збереження екологічної ситуації.

Неорганічні сорбенти (глини, пісок, туфи, цеоліти, пемза тощо) не задовольняють вказаним вимогам. Такі органічні сорбенти як зола, віскоза, прядиво, борошно та інші мають дуже низьку ефективність.

Сьогодні найбільш ефективними сорбентами, які використовуються за кордоном, є сорбенти з синтетичних матеріалів (пінополіпропілену, поліетилену, фенолформальдегідних й інших полімерів). Ефективність цих сорбентів достатньо висока, але і вартість у них висока. Крім того, немає можливості виробляти та використовувати вказані сорбенти за місцем екологічної катастрофи.

Результати проведених досліджень, наприклад свідчать про те, що в якості сорбенту для збирання нафти та нафтопродуктів можливо використовувати ТРГ.

1. Г.Е. Паков, Л.Ф. Петряшин, Г.Н. Лысяный. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. – М.: Недра, 1986 г. – 244 с.

2. Котов С.Г., Лупей А.Ю. Сорбционные материалы для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов // Научное обеспечение пожарной безопасности. – 2001. – № 10. – С. 92–98.

3. Семенов Ю.И., Пятковский М.Л. Терморасширенный графит. Неорганическое материаловедение. Энциклопедическое издание в 2-х томах. / Под ред. Г.Г. Гнесина и В.В. Скорохода. – Киев, 2008. – Т.2, Кн.2. – С.410–425.

4. С.В. Паховчишин. Роль природы поверхні дисперсних частинок у процесах змочування та структуроутворення. – Автореферат дисертації доктора хімічних наук. – Київ: ІБКХ НАН України, 2000 р. – 36с.

5. В.В. Янченко, С.Л. Рево, Ю.І. Семенов, М.Л. Пятковский, О.П. Яцюк. Терморозширений графіт-сорбційний матеріал для збирання нафти та нафтопродуктів з поверхні води та землі // Науковий вісник УкрНДІ пожежної безпеки. – 2003. – № 1(7). – С. 139–144.

6. Е.В. Власенко, И.А. Годунов, С.Н. Ланин, Ю.С. Никитин, Т.Д. Хохлова, Н.К. Шоня. Сравнительный анализ структурных и сорбционных характеристик терморасширенных графитов и активных углей в очистке воды от органических веществ // Вестн. моск. ун-та. – Сер. 2. ХИМИЯ. – 2005. – Т. 46. – № 4. – С. 10–18.

1. G.E. Packs, L.F. Petryashin, G.N. Lysyany. Environmental protection in enterprises of the oil and gas industry. - Moscow: Nedra, 1986. - 244 p.

2. S.G. Kotov, Yu. Lupey. Absorbent materials for oil spill response and oil // Scientific maintenance of fire safety. - 2001. - № 10. - P. 92-98.

3. Sementsov Y.I., Pyatkovsky M.L. Thermally expanded graphite. Inorganic Materials. Encyclopedic edition in 2 vols. / Ed. G. Gnesin and V. Skorokhod. - Kyiv, 2008. - V.2, part.2. - P.410-425.

4. S.V. Pahovchyshyn. The role of nature in dispersed particles surface wetting and structure formation processes. - Thesis of doctor of sciences. - Kyiv: IBKH Sciences of Ukraine, 2000 – 36 p.

5. V. Yanchenko, S.L. Revo, Y. Sementsov, M.L. Pyatkovskyy, A.P. Yatsyuk. Graphite thermo-sorption material for collecting oil and petroleum products from surface water and ground // Scientific Herald UkrNII fire safety. - 2003. - № 1 (7). - P. 139-144.

6. E.V. Vlasenko, I.A. Godunov, S.N. Lanin, Y.S. Nikitin, T. Khokhlova, N.K. Shonia. Comparative analysis of structural and sorption characteristics of expanded graphite and active carbon in water purification.

Ю.И. Семенцов, О.П. Яцюк, М.А. Никулин.

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА ПО ОТНОШЕНИЮ К НЕФТЕПРОДУКТАМ

Данная работа посвящена изучению сорбционных свойств по отношению к нефти и нефтепродуктам терморасширенного графита (ТРГ) и сравнение их с существующими данными для углеродных матриц. В работе было проведено сравнение сорбционных свойств ТРГ, его гранулированных образцов, активированного угля, используемого для очистки воды от растворимых и нерастворимых органических загрязнителей и сопоставления этих свойств со структурными характеристиками сорбентов.

Yu. Sementsov, O. Yatsyk, M. Nikulin

ADSORPTION PROPERTIES OF EXPANDED GRAPHITE WITH RESPECT TO OIL PRODUCTS.

This work is devoted to the study of the sorption properties of thermo - expanded graphite (TEG) with respect to oil and oil products and compare them with existing data for the carbon matrix. In this paper, a comparison was made of the sorption properties of the TEG, its granular samples of activated carbon used for purification of water from soluble and insoluble organic pollutants and comparison of these properties with the structural characteristics of the sorbents.

УДК 573.6: 595.142.59

И.Н. ТИТОВ¹, ФАРЗАХ ФАВАЗ САЛИМ ФАТАХ¹, В.М.КАН²

¹ Владимирский государственный университет, г. Владимир, Россия;

² Институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова МСХ РК, г. Алматы, Республика Казахстан

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ВЕРМИФИЛЬТРАЦИИ. ОБЗОР

Технология вермифльтрации позволяет производить очистку сточных вод быстро и просто при минимальных энергетических затратах, без использования дорогостоящего оборудования и при низкой стоимости. Вода становится чистой, детоксифицированной, дезинфицированной и может быть повторно использована для технических целей, особенно в сельском хозяйстве, ландшафтном дизайне и садоводстве. Это позволит сохранить огромные количества пресной воды. Технология подходит как для сельских, так и городских территорий и может использоваться децентрализованно, что будет снижать нагрузку на станции очистки сточных вод.

Вода – это ресурс, имеющий экономическую ценность и определяющий устойчивость развития страны. Проблема охраны водных источников и доступа к питьевой воде является важным приоритетом всего мирового сообщества.

Среди применяемых в настоящее время систем и принципов очистки сточных вод едва ли не самое значительное место занимают биологические методы. Однако, проблемой известных и широко используемых в настоящее время способов биологической очистки сточных вод является повышенная техногенная нагрузка на окружающую среду за счет образующихся достаточно больших объемов избыточного активного ила, что ведет к необходимости применения оборудования по его переработке и хранению, использованию реагентов, применяемых в процессе обработки осадков сточных вод, строительства полигонов для захоронения образовавшихся осадков. Все это приводит к вторичному загрязнению окружающей среды и необходимости использования дополнительных земельных ресурсов. Другой проблемой при использовании этих технологий является проблема выбросов вредных веществ, в том числе неприятно пахнущих, включая сероводород с уловленных в сточных водах осадков в атмосферу, и необходимость вследствие этого увеличения размеров санитарно-защитной зоны – расстояния от очистных сооружений до жилых домов.

Кроме того, необходимость постоянного удаления вторичных загрязнений: сырого осадка из первичных отстойников и избыточного активного ила из вторичных отстойников не позволяет создать замкнутый технологический цикл очистки сточных вод.

Известны также способы биологической очистки, включающие два этапа – механическую очистку и биологическую очистку. На первом этапе удаляются нерастворимые в воде вещества во взвешенном состоянии, на втором этапе – то, что осталось от первого этапа – взвешенное и растворенное в стоках. Недостатками этого способа являются:

- образование вторичных загрязнений в виде сырого осадка в первичных отстойниках на первом этапе;
- большие объемы избыточно активного ила, образующегося в процессе биологической очистки (вторичное загрязнение).

Новая биотехнология, в частности биологическая очистка сточных вод с помощью вермифльтрации с использованием дождевых червей, лишена всех выше указанных недостатков и может быть использована в коммунальном хозяйстве городов, поселков и в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства для очистки бытовых и

промышленных сточных вод, содержащих биологически разлагаемые вещества. С помощью технологии вермифльтрации возможно быстро, рентабельно и экологически безопасно осуществлять очистку бытовых и промышленных сточных вод без образования ила и осадков сточных вод, без выделения запахов и парниковых газов при 100 %-ной регенерации воды (Титов, 2013; Aguilera, 2003; Bouché, Soto, 2004; Sinha, 2011).

Впервые Hartenstein с сотрудниками (1984) показали, что компостный червь *Eisenia fetida* и африканский ночной выползок *Eudrillus eugeniae* могут успешно использоваться в составе капельных биофильтров, что существенно улучшает эффективность их работы при очистке сточных вод.

В настоящее время для очистки сточных вод (бытовых и промышленных) в некоторых странах мира успешно используется биотехнология вермифльтрации. Она обладает рядом некоторых преимуществ перед всеми традиционными способами очистки сточных вод. Эта технология была разработана профессором Хосе Тоха (Jose Toha) в 1992 году в Чили. В последние годы она усиленно внедряется в практику очистки сточных вод в Чили, Индии, Китае, Мексике, Австралии и Бразилии (Sinha, 2011).

Технология основана на способности дождевых червей работать, как «биофильтры». Они поглощают органические и неорганические поллютанты из сточных вод, переваривают их и выделяют в виде своих экскрементов (копролиты) в окружающую среду. При такой переработке сточных вод (концентрированных или разбавленных) происходит утилизация поллютантов, находящихся в сточных водах, очистка сточных вод, их дезинфекция и детоксикация, а также трансформация органических и неорганических компонентов сточных вод в органо-минеральное высокоценное удобрение – вермикомпост и биомассу дождевых червей, которая может затем служить сырьем для кормовой и фармацевтической промышленности.

В настоящее время имеется несколько типов систем установок для вермифльтрации сточных вод.

Так, Баландиным ещё в 1994 году была подана заявка на изобретение устройства для очистки жидкости от взвешенных частиц примесей и улавливания взвешенных частиц, прежде всего, органического происхождения и превращения их в подвале каждого дома (многоэтажного) с помощью дождевых червей в вермикомпост. Фильтр состоит из корпуса с вводом смеси, фильтрующим элементом, выводом очищенной жидкости, средствами удаления взвешенных частиц и очистителя фильтра. Для повышения потребительских свойств фильтра его корпус разделен на верхнюю, среднюю и нижнюю камеры, а средства удаления взвешенных частиц верхней и средней камеры выполнены подпружиненными клапанами, установленными с возможностью перемещения в вертикальном направлении (Баландин, 1994).

Жариков (1998) предложил использовать для частичной предварительной очистки сточных вод от органических загрязнений отходов Камского целлюлозно-бумажного комбината систему фильтра-накопителя-отстойника, которая получила название зоофильтр. В качестве фильтрующего материала используют кору. Для улучшения условий фильтрации на дно лотка помещают слой гравия. Слой коры сверху прикрывают металлической решеткой для предотвращения размыва струей воды фильтрующего слоя (коры) и его всплывания. Поток сточных вод направляют на фильтрующий слой с помощью водоотводного лотка. После заполнения первой секции фильтра лоток удлиняют, чтобы вода поступала во вторую секцию и т.д. В заиленную 1 секцию фильтра помещают дождевых червей в количестве 1–2 тысячи особей для очистки коры от органических включений. Этот способ сочетает механическую очистку сточных вод с частичной утилизацией осевших на коре загрязнений при помощи дождевых червей. В дальнейшем заилевшийся фильтрующий элемент зоофильтра поступал на окончательную переработку вермикомпостированием.

Ли с сотрудниками (Li и др., 2008) разработали и испытали пилотную установку вермифльтрации для очистки сточных вод, получаемых при гидросмыве свиного навоза.

Она представляла собой ёмкость размером 5,0×2,5 м с решетчатым дном, в которой находился работающий слой вермифилтра высотой до 1 м, поддерживаемый нетканой синтетической тканью. Вермифильтрующий слой состоял из смеси древесной щепы (одна треть от общей массы) и субстрата с дождевыми червями вида *Eisenia andrei* (две трети от общей массы), который был предварительно приготовлен из коры, щепы, торфа, соломы и вермикомпоста. Сточные воды, прошедшие через сито, для отделения твёрдой фракции свиного навоза, накапливались в резервуаре, а затем распылялись на поверхность вермифилтра. Популяция дождевых червей увеличивалась на 30 % в течение 4-х недель, показывая на акклиматизацию вермикультуры. Численность популяции червей достигала до 20 000 особей/м² вермифилтра. Показано, что при рециклинге сточных вод с помощью технологии вермифильтрации происходило сокращение выбросов аммиака на 50 %. Авторы считают, что технология вермифильтрации может быть использована для рециклинга сточных вод свиноводов. Очищенные сточные воды могут быть повторно использованы, а биомасса дождевых червей и вермикомпост могут быть проданы, чтобы компенсировать стоимость очистки воды и уменьшить объёмы навоза на ферме. Собранная твёрдая фракция на сите может быть компостирована или вермикомпостирована, а затем её можно использовать в качестве органического удобрения.

Tomar и Suthar (2011) продемонстрировали потенциал новой системы вермифильтрации с использованием дождевых червей вида *Perionyx sansibaricus* для очистки городских сточных вод, которая позволяла существенно снизить уровни содержания растворённых веществ (88,6 %), взвешенных веществ (99,8 %), ХПК (90 %), NO₃⁻ (92,7 %) и PO₄³⁻ (98,3 %). Эти показатели были на 38,8, 20,8, 80,6, 50,8 и 144,6 % выше, чем таковые в контроле, соответственно.

Ghatnekar с сотрудниками (2010) применили трехступенчатую технологию вермикомпостирования в сочетании с системой капельного биофилтра, в котором имела популяция дождевых червей вида *Lumbricus rubellus* для очистки сточных вод производства желатина. Показано, что в воде после вермифилтра показатели БПК и ХПК были снижены на 89,2 и 90,1 %, соответственно. Эта очищенная вода была использована для выращивания сине-зелёной водоросли спирулины.

В зависимости от степени загрязнения сточных вод и необходимого качества очищенной воды можно использовать одноступенчатую или многоступенчатую системы вермифилтра. В принципе одна установка по вермифильтрации может произвести воду любой степени очистки с помощью увеличения циклов обработки (Bhawalkar, 1996).

Вермикультура в составе вермифилтра при совместном взаимодействии почвенных микроорганизмов, иммобилизованных на биофилтре, способна в результате механизмов поглощения и биodeградации удалять из сточных вод органические и неорганические загрязнители по таким важнейшим показателям качества воды как БПК₅ более, чем на 90 %, ХПК – на 80–90 %, растворённые вещества на 90–92 % и взвешенные вещества на 90–95 % (Sinha, Valani, 2011).

Компания LombriTek écoinnovation (Франция, Монпелье) разработала так называемые лямбристанции для очистки сточных вод, на основе французского патента (Soto, 2007). Например, установка по вермифильтрации LombriSTEP® способна производить очистку сточных вод от поселка на 1000–4000 жителей (www.lombritek.com). Компания использует в качестве вермикультуры смесь двух видов компостных червей: *Eisenia fetida* и *Eisenia andrei*. Вермифильтрующая установка размещается в небольшом и компактном здании и подходит для любого климата.

Титов и Ириков (2013) запатентовали в России способ очистки сточных вод с помощью технологии вермифильтрации, который отличается тем, что в системе вермифилтра, содержащей три слоя из камней размером до 7,5 см (высота слоя до 25 см), гравия размером до 4,5 см (высота слоя до 25 см) и мелкого гравия (10–12 мм) с кварцевым песком, заменяется на один слой из колец Рашига высотой 90 см. Пилотная

установка усовершенствованной системы вермифльтрации для очистки сточных вод представляет собой коммерческую пластиковую ёмкость в 1 куб.м в металлической оплётке, заполненную кольцами Рашига высотой до 90 см, над которыми наслаивают слой садовой земли в 10 см, в который заселяют популяцию компостных червей вида *Eisenia fetida* из расчета 10 кг биомассы червей на куб.м.

Титов, Кан (2013) запатентовали в Республике Казахстан способ очистки сточных вод с помощью технологии вермифльтрации. Пилотная установка усовершенствованной системы вермифльтрации для очистки сточных вод представляет собой коммерческую пластиковую ёмкость в 1 куб.м в металлической оплётке, заполненную снизу слоем камней размером до 7,5 см, высотой до 25 см, слоем гравия размером до 3,5 см, высотой до 25 см, над которыми наслаивается слой специально обработанного адсорбента (модифицированного цеолита d 0,5–3,0 мм) в 10 см, над которым наслаивают слой луговой почвы в 10 см, в который заселяют популяцию компостных червей вида *Eisenia fetida* из расчета 10 кг биомассы червей на куб.м. В другом варианте пилотной установки слой луговой почвы в 10 см, в который заселяют популяцию компостных червей вида *Eisenia fetida* из расчета 10 кг биомассы червей на куб.м, заменяется на слой компостированного коровьего навоза высотой 25-30 см, в который заселяют популяцию компостных червей вида *Eisenia fetida* из расчета 10 кг биомассы червей на куб.м субстрата.

Необходимо отметить то, что система вермифльтрации не требует сложного и дорогостоящего оборудования, её обслуживание требует минимальных энергетических затрат. Еще одним из важных преимуществ технологии вермифльтрации является то, что отсутствует газообразование, отсутствуют какие-либо запахи, не образуются осадки сточных вод, что характерно для всех традиционных способов очистки сточных вод. Очень важно еще и то, что система вермифльтрации может работать децентрализованно, то есть на месте образования сточных вод (частные дома, коттеджи, отели, перерабатывающие предприятия и т. д.). Получаемая очищенная вода содержит в себе основные питательные вещества, что очень выгодно использовать её для ирригации фермерских земель и в садоводстве.

Такие установки по вермифльтрации необходимо будет устанавливать непосредственно на станциях очистки сточных вод или на предприятиях на месте образования сточных вод. Преимуществами технологии вермифльтрации являются:

- низкая стоимость операций и обслуживания;
- требуется мало энергии;
- не образуются осадки сточных вод;
- не используются химикаты;
- не требуется предварительная обработка сточных вод для отделения твёрдой фракции;
- образуются хозяйственно ценные побочные продукты утилизации сточных вод (высокогумусированное органическое удобрение вермикомпост и биомасса компостных червей);
- очищенная вода обогащена питательными веществами (азотом, фосфором и калием) и микроэлементами и может использоваться для ирригации фермерских земель;
- процесс очень гигиеничен при полном отсутствии каких-либо запахов и без эмиссии парниковых газов.

1. Баландин В.С. Фильтр для очистки жидкостей. Патентная заявка на изобретение RU 94026790 от 05.07.1994.

2. Жариков Г.А. Научно-методические основы биотехнологической переработки промышленных органических отходов и санации загрязнённых почв. – Дисс. ... доктора биологических наук. – Москва. 1998.

3. Титов И.Н. Рециклинг бытовых и промышленных сточных вод с помощью вермикультуры. Инновационная биотехнология вермифльтрации // Матер. VII Московского Междун. конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития», Москва, 19–22 марта 2013. – М.: ЗАО «Экспо-биохимтехнологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. – С. 315–316.

4. Титов И.Н., Ириков О.В. Способ очистки сточных вод. Патентная заявка РФ № 2013116627 от 11.04.2013 г.

5. Титов И.Н., Кан В.М., Сапаров А.С. Инновационная технология вермифльтрации очистки сточных вод. Обзор // *Почвоведение и агрохимия (Алматы, Казахстан)*, 2013. – №3.

6. Титов И.Н., Кан В.М., Титов Н.Н. Способ очистки сточных вод. Патентная заявка Республики Казахстан № 2013/0304.1 от 11.03.2013.

7. Aguilera, M.L., 2003. Purification of wastewater by vermifiltration. Doctoral Thesis. University of Montpellier 2, France, p. 188.

8. Bhawalkar, U.S. Vermiculture Bioconversion of Organic Residues. Ph.D. Dissertation, Department of Chemical Engg, IIT Bombay. 1996.

9. Bouché, M.B., Soto, P., 2004. An industrial use of soil animals for environment: the treatment of organically polluted water by lumbrifiltration // In: Proceedings of the XIVth International Colloquium on Soil Zoology and Ecology, University of Rouen, Mont Saint Aignan, France, August 30–September 3, pp. 1–13.

10. Hartenstein, R., D. L. Kaplan, E. F. Neuhauser. Earthworms and trickling filters. J. Water Pollution Control Federation, 1984, v.56, №3, pp. 294–298.

11. Ghatnekar S.D., M.F.Kavian, S.M. Sharma, S.S. Ghatnekar, G.S. Ghatnekar, A.V. Ghatnekar. Application of Vermi-filter-based Effluent Treatment Plant (Pilot scale) for Biomangement of Liquid Effluents from the Gelatine Industry. Dynamic Soil, Dynamic Plant, 2010, pp. 83–88.

12. Li, Y.S., P. Robin, D. Cluzeau, M. Bouché, J.P. Qiu, A. Laplanche, M. Hassouna, P. Morand, C. Dappelo, J. Callarec. Vermifiltration as a stage in reuse of swine wastewater: Monitoring methodology on an experimental farm. [Ecological Engineering](#), Vol. 32, Issue 4, 2008, pp. 301–309.

13. Sinha, R.K., Valani D. Vermiculture Revolution: The Technological Revival of Charles Darwin's Unherlded Soldiers of Manking. Nova Science Publishers Inc. 2011. 328 p.

14. Soto P. Treating organically polluted water e.g. domestic wastewater, by separating solid elements contained in water effluents, pretreating liquid flow and solid mass, and treating liquid flow and solid mass by intervention of earthworms. Patent FR 2921651 from 27.09.2007.

15. Tomar P., S.Suthar. Urban wastewater treatment using vermi-biofiltration system. Desalination, [Vol. 282](#), 2011. pp. 95–103.

1. Balandin V. Filter for clear liquids. A patent application for the invention RU 94026790 from 05.07.1994.

2. Zharikov G.A. Scientifically-methodical bases of biotechnological processing of industrial organic waste and remediation of contaminated soils. - Diss. ... Doctor of Biological Sciences. - Moscow. 1998.

3. Titov I.N. Recycling of municipal and industrial wastewater using vermiculture. Innovative biotechnology vermifiltratsii // Mater. VII Moscow Internat. Congress "Biotechnology: state and prospects of development", Moscow, 19–22 March 2013. - М.: ЗАО "Expo biohimtehologii" MUCTR. DI Mendeleev, 2013. - S. 315–316.

4. Titov I.N., Irikov O.V. A method of purifying wastewater. Russian patent application number 2013116627 from 04.11.2013 .

5. Titov I.N., Kan V.M., A.S. Saparov Innovative vermifiltratsii wastewater. Review // Soil Science and Agricultural Chemistry (Almaty, Kazakhstan), 2013. - №3.

6. Titov I.N., Kan V.M., Titov N. A method of purifying wastewater. Patent application number the Republic of Kazakhstan in 2013 / 0304.1 on 03/11/2013. Aguilera, M.L., 2003.

Purification of wastewater by vermifiltration. Doctoral Thesis. University of Montpellier 2, France, p. 188.

7. Aguilera, M.L., 2003. Purification of wastewater by vermifiltration. Doctoral Thesis. University of Montpellier 2, France, p. 188.

8. Bhawalkar, U.S. Vermiculture Bioconversion of Organic Residues. Ph.H. Dissertation, Department of Chemical Engg, IIT Bombay.1996.

9. Bouché, M.B., Soto, P., 2004. An industrial use of soil animals for environment: the treatment of organically polluted water by lumbrifiltration // In: Proceedings of the XIVth International Colloquium on Soil Zoology and Ecology, University of Rouen, Mont Saint Aignan, France, August 30–September 3, pp. 1–13.

10. Hartenstein, R., D. L. Kaplan, E. F. Neuhauser. Earthworms and trickling filters. J. Water Pollution Control Federation, 1984, v.56, №3, pp. 294-298.

11. Ghatnekar S.D., M.F.Kavian, S.M. Sharma, S.S. Ghatnekar, G.S. Ghatnekar, A.V. Ghatnekar. Application of Vermi-filter-based Effluent Treatment Plant (Pilot scale) for Biomangement of Liquid Effluents from the Gelatine Industry. Dynamic Soil, Dynamic Plant, 2010, pp. 83-88.

12. Li, Y.S., P. Robin, D. Cluzeau, M. Bouché, J.P. Qiu, A. Laplanche, M. Hassouna, P. Morand, C. Dappelo, J. Callarec. Vermifiltration as a stage in reuse of swine wastewater: Monitoring methodology on an experimental farm. [Ecological Engineering](#), [Vol. 32, Issue 4](#), 2008, pp. 301–309.

13. Sinha, R.K., Valani D. Vermiculture Revolution: The Technological Revival of Charles Darwin's Unherlded Soldiers of Manking. Nova Science Publishers Inc. 2011. 328 p.

14. Soto P. Treating organically polluted water e.g. domestic wastewater, by separating solid elements contained in water effluents, pretreating liquid flow and solid mass, and treating liquid flow and solid mass by intervention of earthworms. Patent FR 2921651 from 27.09.2007.

15. Tomar P., S.Suthar. Urban wastewater treatment using vermi-biofiltration system. Desalination, [Vol. 282](#), 2011. pp. 95–103.

І.М. Тітов, Фарзах Фаваз Салім Фатах, В.М. Кан

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕРМІФІЛЬТРАЦІЇ. ОГЛЯД

Технологія верміфільтрації дозволяє проводити очищення стічних вод швидко і просто при мінімальних енергетичних витратах, без використання дорогого устаткування і при низькій вартості. Вода стає чистою, детоксифікує, дезинфіковані і може бути повторно використана для технічних цілей, особливо в сільському господарстві, ландшафтному дизайні і садівництві. Це дозволить зберегти величезні кількості прісної води. Технологія підходить як для сільських, так і міських територій і може використовуватися децентралізовано, що буде знижувати навантаження на станції очистки стічних вод.

Igor N. Titov, Farzah Fawaz Salim Fatah, Vyacheslav M. Kan

INNOVATIVE TECHNOLOGY WASTEWATER TREATMENT USING METHOD OF THE VERMIFILTRATION. REVIEW

Technology of vermifiltration enables the treatment of the wastewater quickly and easily with a minimum expenditure of energy, without the use of expensive equipment and at low cost. Water is clean, detoxify, disinfected and can be re-used for technical purposes, especially in agriculture, landscaping and gardening. This will save huge amounts of fresh water. The technology is suitable for both rural and urban areas and can be used decentralized, which will reduce the load on the wastewater treatment plant.