

аномалій в маршрутизації під впливом кібератаки. Для виявлення таких змін можуть бути використані звичайні системи контролю працездатності (моніторингу) що широко застосовуються в сучасних ІТС. Таке програмне забезпечення пропонує широкі можливості звітності і візуалізації, чудово піддаються горизонтальному і вертикальному масштабуванню.

Багато векторний аналіз даних, зібраних цими системами, може бути застосований для виявлення аномальних змін під впливом кібератаки, в тому числі дозволить виявляти аномалії маршрутизації від подій, чіткого опису яких ще не існує. Це відкриває перспективу підвищення ефективності виявлення прихованих атак на глобальну маршрутизацію в Інтернеті.

1. *Y.Rekhter, T.Li and S.Hares.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tools.ietf.org/html/rfc4271>. Дата доступу: Чер.29, 2018.
2. *В. Зубок.* Практические аспекты моделирования изменений в топологии глобальных компьютерных сетей // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. – 2012. – Т. 14, № 2.
3. *Ke Wang.* Anomalous Payload-Based Network Intrusion Detection / Ke Wang, Salvatore J. Stolfo // RAID 2004: Recent Advances in Intrusion Detection. – P.203-222.
4. *A.S.Syed Navaz.* Entropy based Anomaly Detection System to Prevent DDoS Attacks in Cloud / A.S.Syed Navaz, V.Sangeetha, C.Prabhadevi // International Journal of Computer Applications (0975 – 8887). – Vol.62. – No.15. – Jan.2013.
5. *Yi Xie.* A Large-Scale Hidden Semi-Markov Model for Anomaly Detection on User Browsing Behaviors / Yi Xie, Shun-Zheng Yu // IEEE/ACM Transactions On Networking. – Vol. 17. – №1. – Feb. 2009.

Поступила 10.09.2018р.

УДК 504.054:05 510.24

Т.М. Яцишин, Івано-Франківськ

ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОФАКТОРНИХ СИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ РОЗЛИВІВ ФЛЮЇДІВ ПРИ НАФТОГАЗОВИДОБУТКУ

Abstract. The components of the system "Pollutant – Pollution Environment – External Environment" have been considered, where the pollutant is the fluids formed during the life cycle of oil and gas wells, and the environment of pollution – the soil cover. The external and internal factors contributing to the intensity of penetration into the soil of the fluid have been analyzed. The use of the nomogram method for the convenience of representing the results of multifactorial analysis in establishing the negative effects of emergency spills and in the course of regulated technological processes have been proposed.

Актуальність

Нафтогазовидобуток супроводжується неминучим надходженням нафти, нафтопродуктів, технологічних стічних вод, бурових розчинів та супутніх пластових вод у довкілля. Це відбувається не тільки при виникненні екстремальних аварійних ситуацій, а також при регламентованих технологічних процесах та ремонтних роботах. Основним осередком формування нафтогенних потоків на промислі є свердловини, що буряться та ті, які вже експлуатуються [1]. Весь життєвий цикл нафтових і газових свердловин пов'язаний з ризиком потрапляння в довкілля токсичних нафтовмісних та високомінералізованих флюїдів [2]. На стадії буріння свердловин і підготовки їх до експлуатації основними компонентами нафтогенних потоків є бурові розчини і різноманітні хімічні реагенти. На етапі буріння свердловин утворюється велика кількість технологічних стічних вод. Так, об'єм технологічних стічних вод на цикл буріння становить 5000-8000 м³. Етап експлуатації свердловин характеризується тимчасовими нафтогенними потоками при порушенні роботи свердловини, однак постійним джерелом є пластова рідина з вмістом нафти, розчиненого газу і високомінералізованої води [1]. Об'єм цієї води коливається в межах 80–95% для більшості родовищ, які вже виснажені або розробляються на кінцевих стадіях. В Україні щорічно видобувається близько 3,7 млн. т нафти відповідно близько 20 млн. тон супутньої пластової води щорічно надходить разом із нафтою [3].

На основі зазначених вище фактів масштабного негативного впливу на довкілля діяльності об'єктів нафтогазової галузі виникає необхідність пошуку шляхів, як запобігання виникнення кризових ситуацій, так і методів швидкої локалізації аварійних ситуацій. Об'єкти нафтогазового комплексу та навколишнє природне середовище формують багатофакторні динамічні системи. Визначення найбільш небезпечних для довкілля умов в заданій багатофакторній системі та розроблення схеми запобігання негативним наслідкам, що зумовлені як внутрішніми так і зовнішніми факторами, є надзвичайно актуальним завданням для підвищення екологічної безпеки галузі.

Постановка задачі

Запобігання масштабним негативним екологічним наслідкам при розливах нафтопродуктів потребує проведення оцінки чинників, що сприяють поширенню техногенного забруднення та пошук нових шляхів швидкої локалізації і знешкодження вуглеводнів та супутніх сполук. Багатофакторність зовнішніх та внутрішніх чинників зумовлює необхідність визначення методів досліджень таких систем для встановлення найбільш ефективних превентивних заходів. Для вирішення даного проблемного питання необхідно розв'язати наступні завдання:

- здійснити аналіз впливу компонентів багатофакторної системи «Поллютант – Середовище забруднення – Зовнішнє середовище»:

- визначити вагові фактори, що формують поліфакторність досліджуваної системи.

Вирішення задачі

Вплив компонентів багатофакторної системи «Полютант – Середовище забруднення – Зовнішнє середовище»

Флюїди, що присутні при бурінні та нафтогазовидобутку, містять в своєму складі нафту та різноманітні супутні компоненти. Полікомпонентність цих полютантів становить складність як для виявлення можливого негативного впливу розливів та шляхів міграції забруднювачів, так і для вибору методів утилізації аварійних розливів. В табл. 1 наведено джерела та причини нафтогенних потоків на різних етапах життєвого циклу свердловин.

Таблиця 1

Джерела та причини нафтогенних потоків на різних етапах життєвого циклу свердловин

№ п/п	Етап життєвого циклу свердловини		Джерела нафтогенних потоків	Причини виникнення нафтогенних потоків
1	Буріння		Бурові розчини, технологічні стічні води	Аварійні ситуації та технологічні процеси (спуско-підймальні операції, промивання свердловин)
2	Підготовка до експлуатації	Випробування	Пластова нафта, пластова високомінералізована вода, бурові розчини, технологічні стічні води	Технологічні процеси (викид флюїдів в амбари)
		Освоєння	Пластова нафта, пластова високомінералізована вода	Технологічні процеси
3	Експлуатація		Пластова високомінералізована вода	Аварійні ситуації, ремонт обладнання, технологічні операції
4	Завершення експлуатації		Пластова нафта, пластова високомінералізована вода	Аварійні ситуації (старе обладнання)
5	Виведення свердловин з експлуатації		Пластова нафта, пластова високомінералізована вода	Аварійні ситуації (руйнування цементних містків, тектонічна діяльність)

Нафта та нафтопродукти є найпоширенішими забруднювачами довкілля через токсичність вуглеводнів та домішок як в рідкому, так і в пароподібному стані [4]. Основні особливості негативного впливу нафти на навколишнє середовище є [5]:

- нерівномірність забруднення територій самих об'єктів;
- забруднення ґрунтів, зони аерації і першого від земної поверхні водоносного горизонту підземних вод (ґрунтового);
- локальні скупчення нафтопродуктів в різних хімічних формах.

Так в праці Бабаджанова О.Ф. [6] відмічається складність, унікальна полікомпонентність складу нафти, що знаходиться в стані постійної зміни; гетерогенність складу і структури будь-якої екосистеми, що перебуває в процесі постійного розвитку і зміни; різноманіття і мінливість зовнішніх чинників, під впливом яких знаходиться екосистема (температура, тиск, вологість, стан атмосфери, гідросфери тощо).

При розливах нафти відбувається забруднення всіх компонентів навколишнього природного середовища. Зокрема потрапляння нафти і нафтопродуктів у ґрунти супроводжується порушенням ґрунтового покриву шляхом зниження дихальної активності і процесів мікробного самоочищення, зміна співвідношення між окремими групами природних мікроорганізмів і напрямки метаболізму, пригнічення процесів азотфіксації, нітрифікації, руйнування целюлози, зумовлює нагромадження важкоокиснювальних продуктів. Загальна особливість усіх нафтозабруднених ґрунтів – зміна чисельності й обмеження видової різноманітності педобіонтів (ґрунтової мезо- та мікрофауни і мікрофлори).

Так при аварійному розливі нафта потрапляє на ґрунт звідки у різних формах надходить як в атмосферне повітря шляхом випаровування, так і у водне середовище за рахунок фільтрації (рис. 1).



Рис. 1. Міграція нафти при аварійному розливі

Нафтозабруднення ґрунтового середовища та горизонту ґрунтових вод є надзвичайно небезпечним, оскільки може швидко і широко розповсюджуватися за межі початкової ділянки і проникати в поверхневі води (водотоки і водойми), а також до водозабірних споруд, де знаходиться вода для водопостачання [5].

Під час міграції полютантів у ґрунті може відбуватися вторинне забрудненням ґрунтових і поверхневих вод. Для живих організмів небезпечними факторами є токсичність, канцерогенність та біоаккумуляція компонентів нафти [7, 8].

Бурові розчини, що використовуються для промивання свердловин, в своєму складі містять велику кількість токсичних компонентів таких як: соляна, плавикова, оцтова, сірчана кислоти; алюмінат натрію; поверхнево активні речовини; сода каустична, хромати та інші спеціалізовані реагенти [9, 10]. При цьому проблемним є встановлення складу бурових розчинів, що часто є комерційною таємницею виробників. Розливи бурових розчинів безпосередньо на поверхню ґрунту супроводжуються утворенням щільної кірки, яка в основному складається з баритового глинопорошку (при використанні обважнених бурових розчинів), під якою виявляється похованою вся рослинність, а 100 г нафтопродуктів забруднюють біля 8 т. води до стану її повної непридатності, як для живої природи, так і для господарського використання.

Склад і властивості технологічних стічних вод залежать від джерел надходження даних вод. Так, стічні води можуть утворюватись при промиванні сит-конвеєрів від породи, що надходить з глинистим розчином із свердловини, охолодженні бурових насосів, змиванні глинистого розчину, розлитого під час спуско-підймальних операцій. Обсяг бурових стічних вод на цикл буріння становить 5000-8000 м³. Технологічні стічні води можуть містити вуглелужний реагент, сульфід-спиртову барду, карбоксиметилцелюлозу, оксиди, нітролігнін, синтетичні поверхнево-активні речовини та інші реагенти, багато з яких є захисними колоїдами. Органічні речовини та нафтопродукти також можуть бути в складі бурових стічних вод у кількості відповідно 9500мг/л та 5000-8000мг/л. Технологічні стічні води потрапляючи в навколишні водні об'єкти змінюють ряд гідрохімічних показників: зростає рН і окиснювальність, зменшується концентрація розчиненого кисню [1].

Основними хімічними елементами супутніх пластових вод є бор, бром, йод, залізо. Часто зустрічаються літій, стронцій, рубідій, гафній та ін. у кількостях, що значно перевищують мінімально-промислові концентрації [3]. Крім мінеральних солей, пластові води містять значні кількості нафтопродуктів, механічних домішок тощо. Склад і концентрація сольових розчинів пластових вод впливають на швидкість фільтрації й області проникнення їх в ґрунтовому масиві. Супутні пластові води потрапивши у довкілля, призводять як до засолення родючих ґрунтів, так і забруднення вод водоносних горизонтів та комплексів, що використовуються для питного та

господарського водопостачання [11].

З проведеного аналізу видно, що зазначені забруднювачі характеризуються широким компонентним складом, який при надходженні у довкілля потрапляє під вплив зовнішніх та внутрішніх факторів і перебуває у динаміці (рис. 2).



Рис. 2. Багатофакторна динамічна система
«Полютант – Середовище забруднення – Зовнішнє середовище»

Найчастіше вилів флюїду відбувається на ґрунти, які характеризуються різноманітним складом, структурою, вологістю тощо. Зовнішні чинники (температура, вологість, тиск, тощо) створюють особливі умови, що сприяють або пригальмовують подальшу міграція полютанта. Сукупність взаємовпливу цих трьох факторів формує особливі умови поширення забруднення, яке має свої характерні тенденції для кожної окремої території та ситуації.

Властивості флюїдів, що впливають на швидкість проникнення в ґрунти

Розглянемо властивості рідин проникати в ґрунт на прикладі нафти, так як вона є складником практично всіх вищезазначених флюїдів. Основними властивостями, які впливають на інтенсивність міграції нафти, згідно досліджень [12] є густина, в'язкість та змочувальна спроможність.

Нафти розрізняються за густиною, тобто за масою, що міститься в одиниці їх об'єму. Зазвичай вона легша за воду. У всіх легкорухливих та більшості малорухливих форм густина нафти є меншою порівняно з водою, що визначає розташування забруднювача у водних горизонтах. Густина нафти, виміряна при температурі 20°C, віднесена до густини води, виміряної при 4°C, називається відносною густиною нафти. Відносна густина нафт коливається в межах 0,5–1,05 кг/дм³ (зазвичай 0,82–0,95). Нафти з відносною

густиною до 0,85 називаються легкими за рахунок переважній наявності метанових сполук. Відносну густину від 0,85 до 0,90 мають середні нафти, а вище 0,90 – важкі з переважанням циклічних вуглеводнів [13]. Густина нафти залежить від багатьох факторів: хімічної природи речовин, що до неї входять, фракційного складу, кількості смолистих речовин, кількості розчинених газів, глибини залягання тощо.

Розглянемо показник в'язкості нафти. У легких нафт в'язкість менша, ніж у важких. В'язкість нафт змінюється при різних температурних показниках, так при 80–100°C в'язкість важких нафт наближається до в'язкості легких, оскільки збільшується відстань між молекулами. Також, в'язкість нафти залежить від її хімічного і фракційного складу, вмісту асфальто-смолистих речовин. Чим легший фракційний склад нафти і чим вища її температура, тим нижча в'язкість; чим більше асфальто-смолистих речовин, тим вона вища [13]. На рис. 3 наведено залежності в'язкості нафт різних регіонів України від їх температури [14]. Із залежності можна прослідкувати, що після 50°C в'язкості практично стають однаковими.

Для різних нафт поверхневий натяг на межі з повітрям коливається в межах 25–30 мН/м [15]. В залежності від хімічного складу змінюється поверхневий натяг: найбільшим поверхневим натягом при температурі 20°C володіють ароматичні вуглеводні, найменшим – метанові, а нафтенові й олефінові вуглеводні займають проміжну позицію.

Поверхневий натяг вуглеводнів і нафтових фракцій є лінійною функцією температури. З підвищенням температури він зменшується і при критичній температурі дорівнює нулю. Із збільшенням тиску поверхневий натяг у системі газ-рідина зменшується.

Властивості ґрунтів, які впливають на розповсюдження забруднення

Основними властивостями ґрунту, які впливають на проникність і фільтрацію рідини в ґрунт згідно досліджень є вологість, щільність і гранулометричний склад. Забруднення ґрунту нафтою залежить від нафтоємності ґрунту. Торф'яні ґрунти та легкий суглинок характеризуються найвищою нафтоємністю, а глинисті та піщані ґрунти – найнижчою [6]. В табл. 2 наведено залежність нафтоємності окремих ґрунтів від густини ґрунтової маси [16].

Таблиця 2

Залежність нафтоємності ґрунтів від густини ґрунтової маси [16]

№ п/п	Ґрунти	Горизонт (глибина, см)	Густина, см ³	Нафта, г/кг	Гранулометричний склад
1	Дерново підзолисті (ліс)	A ^d (0-5)	0,66	277,0	Середній суглинок
2	Агро-дернові (луг)	A ^d (0-5)	1,56	122,0	Легкий суглинок

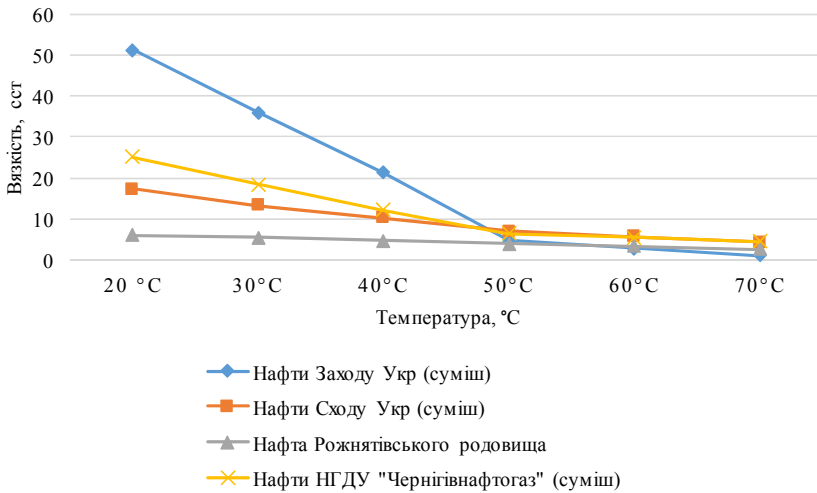


Рис. 3. Залежності в'язкості нафті від температури [14]

Якщо надходження нафтопродукту не перевищує утримуючу здатність ґрунту, він залишається в зоні аерації і подальша його міграція можлива шляхом розчинення в інфільтраційній воді. Якщо надходження нафтопродукту перевищує утримуючу здатність ґрунту, він досягає ґрунтового водоносного горизонту, формуючи на водній поверхні лінзу. Окремі вуглеводні здатні зв'язуватись, формуючи газову оболонку над лінзою і надалі з інфільтрацією потрапляти в ґрунтові води, інші розчиняються в підземних водах і переносяться водним потоком [17].

В праці Тюленова В.А. [18] наведено результати досліджень фільтрації нафти в ґрунти різної вологості. В сухому ґрунті (вологість 15%) фільтрація нафти відбувається набагато повільніше, ніж у вологому. На зволжених ґрунтах процес фільтрації відбувається інтенсивніше, це вказує на те, що не тільки під впливом сили тяжіння нафтозабруднення проходить в ґрунтовий покрив. Однак, варто встановити рівень зволоженості при якому фільтраційні процеси сповільнюються у зв'язку з перенасиченням ґрунту водою. Максимович Н.Г. [16] наводить дані щодо нафтоємності окремих ґрунтів при різних умовах вологості (табл. 3).

Дослідження кінетики вертикальної фільтрації нафти і нафтопродуктів [7, 19] показує, що важливе значення в міграції вуглеводнів в поверхневому шарі ґрунту відіграють його сорбційні властивості. Співвідношення фракцій «глина-пісок» та «глина-мул» визначає сорбційну здатність: чим більше в ґрунті мулистої фракції і чим менше крупного піску, тим вища сорбційна здатність ґрунту до нафти і нафтопродуктів і тим повільніше проходить кінетика їх фільтрації.

Нафтоємність органогенних горизонтів ґрунтів при різних умовах вологості [16]

№ п/п	Ґрунт	Характеристика горизонтів	Вологість субстрату	Нафтоємність
1	Болотний торф'яно-перегнійно-глеєвий	Осоково-моховий торф, що добре розклався	25-50 86-100	1620,0 260,0
2	Тундровий поверхнево-глеєвий	Сухоторф'янистий слабо розкладений	25-50 86-100	335,0 40,0

Проникність ґрунтів для рідин характеризується фільтрацією. Ступінь проникності для рідин кількісно виражається коефіцієнтом фільтрації k , величина якого залежить від розмірів міжпорових проміжків в зернистих породах і ширини тріщин в скельних. Одиниця виміру коефіцієнту фільтрації виражається в метрах на добу, в метрах на годину, в метрах на секунду та сантиметрах на секунду. Фізичний стан рідини, що фільтрується також впливає на значення коефіцієнту фільтрації.

Коефіцієнт фільтрації однієї і тієї ж породи може мати різні значення в залежності від того, що фільтрується: прісна вода, розсоли інші рідини. У таких випадках для характеристики фільтраційних властивостей гірських порід використовується коефіцієнт проникності K_n , який характеризує властивість пористого середовища пропускати через себе рідину або газ при наявності перепаду напорів. Коефіцієнт проникності описує тільки фільтраційні здатності пористого середовища і не залежить від фізичних властивостей рідини, що фільтрується.

Пористість ґрунту визначається за формулою (1) і описує сукупний обсяг закритих і відкритих пор в одиниці об'єму ґрунту [20].

$$n = 1 - m = \frac{1 - \rho d}{\rho s} = \frac{e}{1 + e}, \quad (1)$$

де m – об'єм мінеральної частини ґрунту; ρd – щільність скелету ґрунту; ρs – щільність мінеральних часток; e – коефіцієнт пористості.

В табл. 4 наведено орієнтовні величини пористості та коефіцієнта фільтрації для деяких порід [20, 21].

Коефіцієнт фільтрації пов'язаний наступною залежністю з коефіцієнтом проникності [21]:

$$k = K_n \frac{\gamma}{\mu}, \quad (2)$$

де γ – об'ємна маса води; μ – в'язкість води.

Визначити швидкість фільтрації нафти дає можливість закон Дарсі, який використовують при розробці нафтових і газових родовищ. Згідно закону Дарсі об'ємна витрата рідини Q , м³/с через пористе середовище прямо

пропорційна втраті напору ΔH , м на довжині Δl , м і площі фільтрації F , м². В нафтогазовій підземній гідромеханіці цей закон записують наступним чином:

$$Q_i = \frac{Kn\Delta p}{\mu l}, \quad (3)$$

де Kn – коефіцієнт проникності пористого середовища, м²; Δp – перепад тиску, Па; μ – динамічний коефіцієнт в'язкості, Па•с.

Таблиця 4

Орієнтовні величини пористості, коефіцієнту пористості та коефіцієнта фільтрації для деяких порід [20, 21]

№ п/п	Грунти	Пористість, %	Коефіцієнт пористості	Коефіцієнт фільтрації, м/добу
1	Гравій	25-30	0,25-0,30	
2	Пісок	30-40	0,30-0,40	0.5–1.0 (глинистий)
				1.0–5.0 (дрібнозернистий)
				5–15 (середньозернистий)
				15–50 (крупнозернистий)
3	Супіски	40-45	0,40-0,45	0.1–0.5
4	Суглинок	45-50	0,45-0,50	0.01–0.1
5	Глина	50-65	0,50-0,65	0.001–0.01

При зростанні швидкості фільтрації або градієнту тиску закон Дарсі перестає виконуватись. Тому, Форхгеймером запропоновано формулу [22, 23]:

$$\frac{\Delta p}{l} = aw + bw^2, \quad (4)$$

де Δp – різниця тисків на відстані l ; a і b – емпіричні коефіцієнти, що визначаються експериментально; w – модуль вектору швидкості фільтрації.

Найнижчою пропускну здатністю володіє глина, її показник практично дорівнює 0.

Для комплексного оцінювання наведених факторів та встановлення залежностей необхідно визначити метод дослідження.

Визначення методу дослідження системи «Полютант – Середовище забруднення – Зовнішнє середовище»

Дослідження системи «полютант – навколишнє середовище – зовнішнє середовище» показує, що число змінних є більше двох і для різних умов можуть також змінюватись значення коефіцієнтів та констант. Одним з

найбільш обґрунтованих методів дослідження статистичних зв'язків є багатофакторний регресійний аналіз, який спрощено можна записати наступним чином:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \dots + a_i \cdot X_i + \dots + a_m \cdot X_m, \quad (5)$$

де Y – теоретична величина результативної ознаки.

Дослідниками Джашаєвим К.А.-М. і Джашаєвим З.А.-М. запропоновано використання номограмного методу аналізу результатів багатофакторного експерименту, представленого у вигляді рівнянь регресії, що адекватно описує функцію відгуку біотехногенної системи [25]. Номограма – це графічне зображення функціональних зв'язків між фізичними величинами. Їх переваги є наочність, простота у використанні, можливість вирішення задач, у яких при зафіксованому значенні залежної змінної (функції) знаходяться відповідні значення незалежних змінних (факторів). При цьому забезпечується достатня для інженерних розрахунків точність, яка залежить від обраних масштабів і якості побудови номограм [24].

На рис. 4 наведено схему побудов номограм для аналізу результатів багатофакторних систем, де X_1, X_2, X_3 та X_4 – незалежні змінні фактори. Пунктирні лінії вказують напрям проєкції на координатні осі області заданого значення параметру оптимізації.

Для випадку аналізу системи «Полютант – Середовище забруднення – Зовнішнє середовище» методом номограм в умовах розливів флюїдів незалежними змінними факторами слід встановити наступні:

- для зовнішнього середовища: температура, тиск;
- для полютанта: в'язкість, густина, поверхневий натяг;
- для середовища забруднення: коефіцієнт фільтрації, коефіцієнт проникності, пористість та вологість ґрунту.

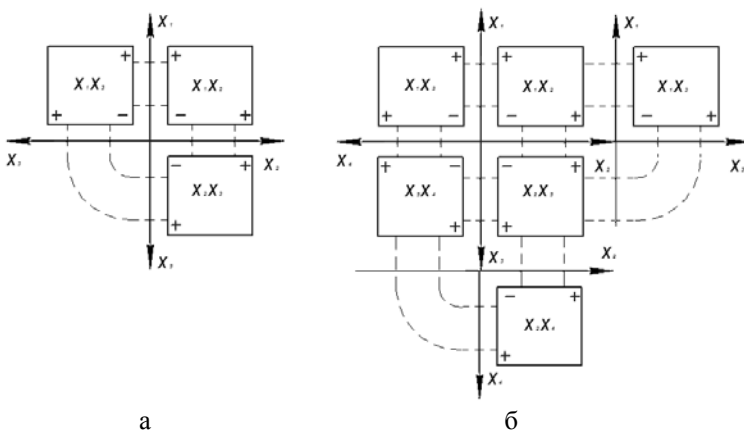


Рис. 4 Схеми побудов номограм для аналізу результатів багатофакторних систем: а) трифакторна; б) чотирифакторна

Висновки

В ході роботи проаналізовано ймовірні вагові фактори, що впливають на інтенсивність поширення забруднення в ґрунтах та визначають поліфакторність досліджуваної системи. Визначено найбільш зручний метод дослідження багатофакторної динамічної системи «Полютант – Середовище забруднення – Зовнішнє середовище», яким є номограмний метод. Запропонований підхід дає можливість побачити одночасно вплив незалежних змінних факторів на оптимізаційні параметри.

1. *Владимиров В.А., Дубнов П.Ю.* Аварийные и другие несанкционированные разливы нефти / В.А.Владимиров, П. Ю. Дубнов // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2013. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avariynnye-i-drugie-nesanktsionirovannye-razlivy-nefti> (дата обращения: 30.07.2018).
2. *Яцишин Т.М.* Аналіз впливу на докiлля життєвого циклу нафтогазової свердловини / Т.М. Яцишин // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ ім Г.Є. Пухова НАН України. – Вип. 81. – К.: 2017. – С.24-31.
3. *Чомко Д.Ф.* Еколого-економічні аспекти використання супутньо-пластових вод нафтових родовищ східного регіону України./ Д.Ф. Чомко, М.В.Рева, Ф.В. Чомко // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. – 2017. – №47. – С.211-217
4. *Переста І.Я.* Вдосконалення технології ліквідації наслідків витоків нафтопродуктів під час перевезень / І.Я. Переста, Л.О.Яришкіна, С.І. Музикіна, та ін. // eadNURT, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/1514/1/503peres.pdf>
5. *Давыдова С.Л.* Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: Учеб. пособие. / С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов // М.: Изд-во РУДН, 2004. – 163 с: ил.
6. *Бабаджанова О.Ф.* Вертикальна міграція нафтопродуктів у поверхневих шарах ґрунту. /О.Ф.Бабаджанова, Ю.Е. Павлюк // Вісник ЛДУ БЖД №11, 2015. С.110-115.
7. *Гринчишин Н.* Вертикальна міграція дизельного палива в ґрунтах різного типу / Н. Гринчишин, О. Бабаджанова, Н. Лагуш // Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агрономія. – 2014. – № 18. – С.35-40. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2014_18_8.
8. *Процько Я.І* Вплив нафти та нафтопродуктів на ґрунтовий покрив / Я.І. Процько // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – № 2. – 2010. – С.189-191.
9. *Шкіца Л.Є.* Стан екологічної безпеки території бурової установки в залежності від інтенсивності випаровування бурового розчину /Л.Є. Шкіца, Т.М. Яцишин // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ ім Г.Є. Пухова НАН України. – Вип. 65. – К.: 2012. – С.10-16.
10. *Рязанов Я.А.* Энциклопедия по буровым растворам / Я.А. Рязанов // Оренбург: Изд. «Летопись». – 2005. – 664 с.
11. *Рева, М.В.* Супутньо-пластові води в Східному нафтогазовому регіоні України як джерело небезпеки або цінний ресурс / М.В. Рева // Вісн. Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Геологія. № 1(72) – К., 2016. – С.81-85.

12. *Гринчишин Н.* Кінетика поглинання нафтопродуктів поверхневим шаром сірого та бурого лісових ґрунтів / Н. Гринчишин, О. Бабаджанова, Н. Лягуш // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агрономія. – Л.: ЛНАУ, 2013. – № 17 (1) – С.83-88.
13. *Бондаренко В.І.* Від вогню та води до електрики. / В.І. Бондаренко, Г.Б. Варламов, І.А. Вольчин та ін. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-1>.
14. *Голич Ю.В.* Залежність зневоднення нафт від їх фізико-хімічної характеристики. / Ю.В. Голич, С.В. Бойченко, П.І.Топільницький, В.В. Романчук// Нафтогазова галузь України. – 2015. – №1. – С.25-30.
15. *James W. Weaver* Characteristics of Spilled Oils, Fuels, and Petroleum Products: 3a. Simulation of Oil Spills and Dispersants Under Conditions of Uncertainty. U.S. Environmental Protection Agency 2004.
16. *Максимович Н.Г.* Геохимические барьеры и охрана окружающей среды: учебное пособие / Н.Г. Максимович, Е.А.Хайрулина // Перм гос у-нт. – Пермь. – 2011. – 248 с.
17. *Шестопалов О.В.* Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: навч. посіб. / Шестопалов О. В., Бахарєва Г. Ю., Мамедова О. О. та ін.// Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – 116 с.
18. *Тюленева В.А.* К вопросу исследования фильтрации нефти в почвах. В.А. Тюленева, В.А. Соляник, И.В. Васькина. // Вісник КДПУ. – Випуск 2/2006 (37). Частина 2. – С.110-112.
19. *Гринчишин Н.Н.* Кинетика фильтрации нефти и нефтепродуктов в поверхностном слое почв / Н.Н Гринчишин// – 2015. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/116518>.
20. Пористость грунта. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sprosigeologa.ru/opredelenie-svoystv-gruntov/poristost-grunta/>
21. *Леонова А.В.* Основы гидрогеологии и инженерной геологии: учебное пособие / А.В. Леонова // Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 159 с.
22. *Дмитриев Н.М.* Уравнение неустановившихся течений по двучленному закону фильтрации в изотропной пористой среде / Н.М. Дмитриев, М.Н. Дмитриев, А.А. Мурадов// Труды нефти и газа имени И.М. Губкина. – № 3 (264). – 2011. – С.102-111.
23. *Дмитриев Н.М.* Аналіз нелинейного закона фильтрации для изотропных и анизотропных пористых сред / Н.М. Дмитриев, А.А. Мурадов // Нефть, газ и бизнес. – 2010. – №7-8. – С.79-82
24. *Джашаев К.А.-М.* Номограмный метод анализа результатов многофакторного эксперимента. / К.А.-М. Джашаев, З.А.-М. Джашаев // Современные наукоёмкие технологии. – 2008. - №8. –С.19-28.
25. *Коваленко К.В.* Методика використання номорам для постановки дослідницьких задач / К.В. Коваленко // Науковий часопис МПУ імені М.П. Драгоманова. – 2013. – №40. – С.94-99.

Поступила 3.09.2018р.