

ВПЛИВ НАФТОГАЗОВИДОБУТКУ НА ДОВКІЛЛЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ФІТОІНДИКАЦІЇ ТА ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ТЕХНОГЕННОТРАНСФОРМОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

У статті проаналізовано основні причини надходження поллютантів у довкілля в процесі нафтогазовидобутку. Виділено вплив технологічних процесів і природно-кліматичних факторів на інтенсивність надходження забруднення. Висвітлено особливості та переваги методу фітоіндикації забрудненого нафтою довкілля. Проаналізовано характерні реакції рослин у відповідь на дію техногенного забруднення. Висвітлено перспективи використання методу морфометричної біоіндикації для оцінки екологічного стану навколишнього середовища. Наведено ефективні рослини-ремедіанти, які рекомендовані для рекультивації нафтозабруднених територій. Наведені рекомендації для зменшення негативного впливу на довкілля видобування нафти і газу.

Ключові слова: буровий розчин, фітоіндикація, фіторемедіація, нафтове забруднення довкілля.

В статье проанализированы основные причины поступления загрязнителей в окружающую среду в процессе нефтегазодобычи. Выделено влияние технологических процессов и природно-климатических факторов на интенсивность поступления загрязнения. Освещены особенности и преимущества метода фитоиндикации загрязненной нефтью окружающей среды. Проанализированы характерные реакции растений в ответ на действие техногенного загрязнения. Освещены перспективы использования метода морфометрической биоиндикации для оценки экологического состояния окружающей среды. Приведены эффективные растения-ремедианты, которые рекомендованы для рекультивации нефтезагрязненных территорий. Приведенные рекомендации для уменьшения негативного влияния на окружающую среду добычи нефти и газа.

© Яцишин Т. М., Глібовицька Н. І., 2016

Ключевые слова: буровой раствор, фитоиндикация, фиторемедиация, нефтяное загрязнение окружающей среды.

The article analyzes the main reasons revenues of pollutants into the environment in the extraction of oil and gas. The influence of technological processes and climatic factors on the pollution flow intensity is highlighted. The features and benefits of the phytoindication method of oil contaminated environment are submitted. The characteristic reactions of plants in response to man-made pollution are analyzed. The prospects of morfometric bioindication method for assessing the ecological environment

are highlighted. The efficient plants recommended for remediation of contaminated areas are presented. Recommendations to reduce the environmental impact oil and gas are listed.

Keywords:drilling mud, phytoindication, phytoremediation, oil pollution of the environment.

Вступ. Розробка та експлуатація нафтогазових родовищ є одними з пріоритетних чинників контамінації довкілля. Забруднення навколишнього середовища буровими стічними водами, буровим шламом, відпрацьованим буровим розчином та нафтопродуктами є гострою екологічною проблемою нафтогазовидобувної галузі, оскільки, проникаючи у харчові ланцюги, вони чинять токсичний, мутагенний вплив на живі організми [9,13]. Необхідно відмітити, що часто населені пункти знаходяться на невеликих відстанях від районів нафтогазовидобутку. Численними гігієнічними дослідженнями встановлено зв'язок між концентраціями шкідливих викидів у атмосферу і захворюваннями населення хворобами органів дихання, серцево-судинної системи.

Тому, актуальним завданням є проведення досліджень негативного впливу на довкілля процесу нафтогазовидобутку з використанням ефективних методів біомоніторингу, що дозволяють отримувати інформацію про стан довкілля на техногенно-трансформованих територіях за допомогою живих організмів.

Постановка завдання. Основними завданнями роботи є:

- аналіз технологічного обладнання свердловини для визначення джерел забруднення довкілля;
- формування переліку технологічних процесів буріння, які сприяють потраплянню політантів в довкілля;
- визначення ефективних методів біоіндикаційного діагностування стану навколишнього середовища території впливу нафтогазовидобутку;
- обґрунтування фіторе媒体的ції нафто забруднених територій;
- розробка рекомендацій і технічних рішень для підвищення екологічної безпеки під час експлуатації свердловин.

Вирішення завдання. Негативну дію на довкілля нафтогазопромислового комплексу досліджували в своїх роботах В.І. Балаба, С.А. Хлуденьов, В. Аase, S. Bakhtyar, M. Bratveit, K.S. Galea, А.І. Булатов, Г.С. Кесельман, Д.В. Московченко, Л.Ф. Петряшин, Я.А. Рязанов, Я.М. Семчук, М.М.Фесенко та інші. В таблиці 1 представлені негативні зміни навколишнього середовища в процесі нафтогазовидобутку.

Інтенсивність утворення забруднюючих речовин під час розробки свердловини залежить від технічного стану обладнання (відхилення регульованих параметрів від допустимих в результаті фізичного і морального зношення).

Основним технологічним обладнанням з якого можливе надходження політантів в довкілля є: вишко-лебідковий блок, колектор двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) бурового верстата, блок очистки і приготування бурового розчину, жолобова система, вихлопна труба дизель електростанції, приймальні ємності, блок ємностей для запасу розчину, ємності для

хімреагентів,дегазатор,амбари-накопичувачі, факельний викид, ємності для дизпалива,приймальні містки із стелажми, площадка автоспецтехніки.

Таблиця 1

Зміни навколишнього середовища в процесі техногенного впливу нафтогазовидобутку [14]

№	Середовище впливу	Наслідки техногенного впливу
1	Геологічне середовище · Ендогенні процеси	<ul style="list-style-type: none"> - Зміна режиму нафтогазовмісних пластів: температури, тиску, хімічного складу флюїду, співвідношення вода-нафта-газ, вторинне мінералоутворення, сульфатпродукція, утворення водню і сірководню тощо. - Міжпластові перетоки флюїдів, що тягне виснаження запасів вуглеводнів, утворення нових «техногенних» покладів, перерозподіл пластових тисків тощо. - Зміна хімічного складу і режиму глибоких водоносних горизонтів. - Зміна інженерно-геологічних умов родовища. - Відтік частини рідини і газу з надр на поверхню під частектонічної активізації, негерметичності, причини виходу газу, нафти, пластової води на поверхню, грифоутворення, карстоутворення, утворення провалів, забруднення і засолення ґрунтових вод.
2	Геологічне середовище · Екзогенні процеси.	<ul style="list-style-type: none"> - Ерозія площинна, лінійна берегова, руслова, ярова; - Дефляція. - Просідання поверхні, утворення пагорбів, насипів, виїмок, кар'єрів. - Кріогенез. - Заболочування, підтоплення, осушення, деградація боліт.
3	Атмосферне повітря	<ul style="list-style-type: none"> - Збільшення запиленості атмосфери. - Утворення смогів, масляного туману. - Збільшення концентрації в повітрі забруднюючих речовин: метану і його гомологів, легких нафтових фракцій, поліциклічних ароматичних вуглеводнів (в т.ч. 3,4 бензпірен), окислів сірки, сірководню, оксидів азоту, оксидів вуглецю, меркаптанів та інших токсичних сполук.
4	Поверхневі і ґрунтові води	<ul style="list-style-type: none"> - Забруднення поверхневих вод і донних відкладень: нафтою, сірководнем, важкими металами, іншими токсичними сполуками. - Евтрофікація водойм. - Утворення штучних озер, стариць, водотоків і водоймищ. - Забруднення ґрунтових вод: нафтою і нафтопродуктами, соленими водами, іншими токсичними сполуками. - Виснаження водоносних горизонтів.

5	Грунти	<ul style="list-style-type: none"> - Зняття або механічне пошкодження родючого шару. - Забруднення ґрунту: нафтою і нафтопродуктами, пластовими водами, солями, продуктами неповного згорання газу, конденсату, нафти, в т.ч. поліциклічними ароматичними вуглеводнями, токсичними речовинами з амбарів, іншими токсичними сполуками, радіоактивними речовинами. - Зміна морфології і фізичних властивостей ґрунтового профілю: деградація генетичного профілю ґрунтів, утворення насипних техногенних горизонтів ґрунтів, цементація, гудронізація, оглеєння тощо. - Зміна фізико-хімічних властивостей ґрунтів: лужно-кислотних, окисно-відновних, складу поглинених катіонів. - Трансформація ґрунтового біоценозу. - Зміна продуктивності (родючості) ґрунтів. - Надходження додаткових поживних речовин, збільшення родючості.
6	Рослинний і тваринний світ	<ul style="list-style-type: none"> - Деградація лісу: в результаті вирубки, внаслідок хімічного впливу. - Лісові пожежі. - Деградація трав'янистої і кущової рослинності. - Посилення зростання трав'янистої і кущової рослинності, явище гігантизму. - Поява вторинних рослинних угруповань. - Накопичення в рослинах токсичних елементів і сполук. - Зникнення і вимирання іхтіофауни в річках і водоймах. - Збіднення видового складу і зменшення чисельності птахів і ссавців.

На основі розробленої схеми [19] проаналізовано технологічні процеси буріння, які сприяють потраплянню полютантів в довкілля при безаварійній роботі бурової установки. Циркуляція бурового розчину (БР) по жолобовій системі в процесі спуску бурильної колони сприяє потраплянню в атмосферне повітря випарів флюїду. Процес буріння нафтових і газових свердловин супроводжується інтенсивним рухом БР по жолобовій системі, дерідина витікає із високою температурою 40°- 90°С.

При цьому працює блок очищення рідини від вибуреної породи (твердої фази) і дегазатор, які є джерелом надходження в приземний шар атмосфери (ПША) шкідливих речовин.

Під час підйому бурильної колони з метою заміни породоруйнівного інструменту, вибійного двигуна та інших складових частин самої бурильної колони здійснюється доливання свердловини на об'єм піднятої бурильної колони. Цей процес супроводжується сифонами (розливами бурового розчину під час розгвинчування бурильних труб), а також шар БР залишається на поверхні труб і надходить в ПША.

Серед техногенних факторів, що виникають в процесі експлуатації нафтогазових родовищ, найбільш небезпечними, агресивними і руйнівними для довкілля є хімічні забруднення, пов'язані з розливами нафти, а також поява некерованих газонафтоводопроводів і відкритих фонтанів. Відкритий фонтан – це безконтрольний витік пластового флюїду із свердловини через відсутність противикидного обладнання, його полумки або грифоутворення. Під час фонтанування в довкілля потрапляють тисячі, а іноді і мільйони кубічних метрів небезпечної газорідинної суміші. Це катастрофічне забруднення довкілля, однак дотримуючись всіх правил його можна уникнути.

Важливим чинником поширення забруднення є природно-кліматичні фактори. У природному середовищі безупинно змінюються температура повітря, швидкість, сила і напряму вітру, тому поширення забруднень відбувається в постійно нових умовах. Процеси розкладання токсичних речовин, що утворюються під час розробки свердловин при малих значеннях сонячної радіації сповільнюються. Опади і високі температури навпаки сприяють інтенсивному розкладанню токсичних речовин.

Розсіювання домішок залежить від напряму і швидкості вітру. Більш висока температура біля поверхні землі в денний час змушує повітря підніматися вгору, що призводить до додаткової турбулентності. Вночі температура біля поверхні землі більш низька, тому турбулентність зменшується.

Підвищення температури повітря з висотою призводить до того, що шкідливі викиди не можуть підніматися вище визначеного рівня. В інверсійних умовах послабляється турбулентний обмін, погіршуються умови розсіювання шкідливих викидів у приземному шарі атмосфери. Тому, необхідно враховувати кліматичні умови під час спорудження нафтогазових свердловин.

Буровий майданчик зі всіма спорудами згідно з санітарними нормами належить до об'єкті II-III класів: (II – СЗЗ 500 м при використанні бурового верстату з дизельним приводом, III – СЗЗ 300 м з електроприводом). На рисунку 1 представлено допустимі відстані між окремими спорудами при будівництві бурової установки.

Для оцінки і прогнозування забруднення довкілля під час нафтогазовидобутку використовуються гранично допустимі концентрації (ГДК), які визначені для обмеженого кола речовин, крім того ГДК визначається тільки для окремої речовини, а в природі існує комплекс забруднюючих речовин.

Дія всіхкомпонентів на живі системи не являє собою простої суми - ці компоненти взаємодіють між собою і з речовинами вже присутніми у навколишньому середовищі на момент забруднення, утворюючи продукти з більш високою токсичністю, або,навпаки, нейтралізуючи один одного. Крім цього слід враховувати можливий кумулятивний ефект.Тому, орієнтаціяоцінок і прогнозів тільки на ГДК досить небезпечна і може використовуватись тільки тимчасово [14].

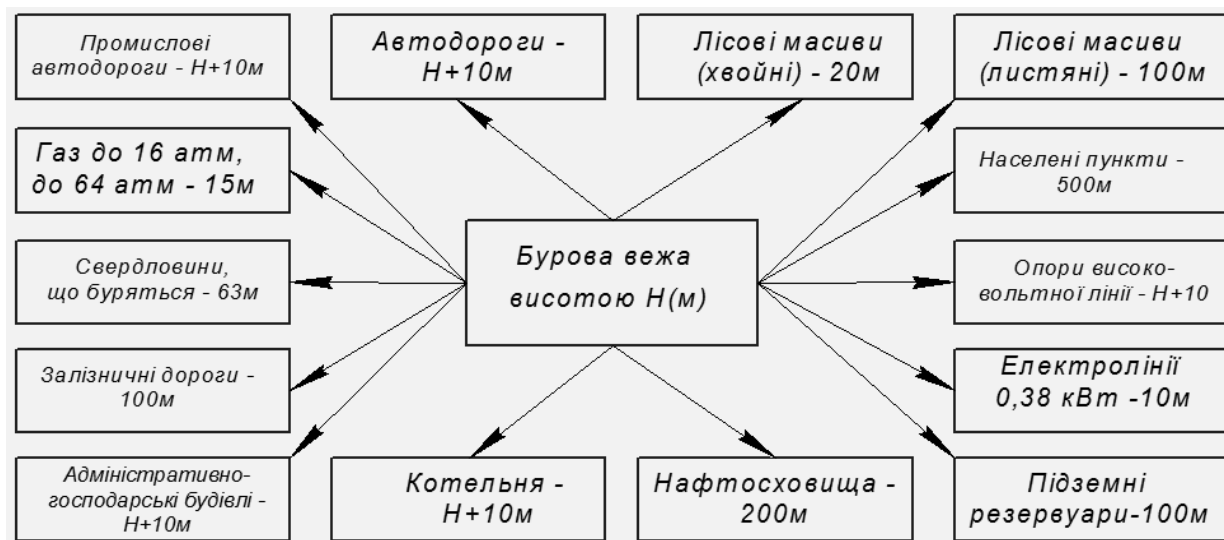


Рис. 1. Схема допустимих відстаней між окремими спорудами при будівництві бурової установки

Одним із методів біологічного моніторингу є біоіндикація – оцінка якості природного середовища за станом його біоти, що передбачає використання маркерів кількісних змін інгредієнтного складу окремих компонентів довкілля – різноманітних реакцій живих систем [8,18].Серед реакцій організмів розглядають анатомо-морфологічні, фізіолого-біохімічні параметри, особливості нагромадження полютантів у біоматеріалі, чисельність та структуру популяцій.

Залежно від типу відповіді на техногенне навантаження біоіндикатори поділяють на дві групи: чутливі та кумулятивні. Перші реагують на стрес значним відхиленням від норми, а другі – накопичують забруднювачі у органах і тканинах без видимих пошкоджень. При перевищенні порогу токсичності полютанта у даного виду проявляються різноманітні реакції, які виражаються у зміні швидкості росту та тривалості фенологічних фаз, біометричних показників, зниженні продуктивності.

Існує дві форми біоіндикації: коли однакові реакції організму можуть бути викликані різними факторами середовища (в тому числі і антропогенного походження) – тоді мова йде про неспецифічну біоіндикацію; коли реакція біосистеми чітко пов'язана зі зміною конкретного фактора – специфічну біоіндикацію.

Біоіндикаційне діагностування стану навколишнього середовища має ряд переваг перед хімічними та фізико-хімічними методами дослідження, а саме [12]:

- відзначається високою чутливістю до надслабких антропогенних змін якості середовища;
- дозволяє своєчасно виявляти наслідки впливу техногенних факторів на якісні показники довкілля;
- дає можливість оцінити рівень забруднення в умовах великого різноманіття ситуацій;
- забезпечує вчасне виявлення наслідків та надання характеристики антропогенних впливів на екосистему, які мали місце в минулому та прогнозування їх післядії.

Первинними реципієнтами комплексного впливу техногенних факторів середовища існування та поглиначами урбопромислових емісій є рослини. У відповідь на техногенне навантаження у них формується низка адаптивних та деструктивних змін, за характером і ступенем прояву яких можна оцінити рівень контамінації довкілля. Особливо перспективними є деревні види, які безпосередньо входять у комплекси озеленення міст та виконують середовищеві роль [2]. Актуальним є вивчення комплексного впливу нафтогазового забруднення на життєвість деревних порід з метою добору стійких видів, підвищення продуктивності та декоративності зелених насаджень, покращення їх санітарно-гігієнічних та захисних функцій.

У сучасній фітоіндикації вагоме місце займає виділення діагностичних параметрів морфологічних ознак рослин-біомаркерів, які відповідають критеріям інформативності та доступності у вивченні. Реакція рослин за їх морфометричними ознаками – інтегральний показник якості довкілля, що відзначається надійністю, простотою та не потребує значних затрат [1].

Найчастіше у цілях біоіндикації використовують різноманітні аномалії росту і розвитку рослин – відхилення від загальних закономірностей, а саме: карликовість та гігантизм органів, деформації та новоутворення [3, 12].

Відомо, що нафтопродукти можуть проникати в рослинний організм, метаболізуватись та транспортуватись у ньому. Згідно з літературними даними [5], нафта чинить негативний вплив на зростання, обмін речовин і розвиток рослин, пригнічує ріст молодих проростків, надземних і підземних частин, значною мірою затримує початок цвітіння і плодоношення. При високих дозах нафти спостерігається зменшення площі асиміляційної поверхні, зниження вмісту суми хлорофілів та посилення активності ферментів антиоксидантного захисту [7].

Оскільки присутність нафти у ґрунті посилює його гідрофобні властивості, зменшення розмірів рослин може бути наслідком водного дефіциту. Наслідком нестачі води в організмі рослин призводить до появи ознак ксероморфності: зменшення розмірів клітин, кількості продихів, зниження товщини листків, посиленого розвитку механічних тканин [10].

Через забруднення ґрунтового покриву нафтопродуктами виникають анаеробні умови, змінюється окисно-відновний потенціал, порушується вуглецево-азотний баланс. Тому, на територіях нафтових виливів рослинність практично відсутня, або видовий склад її збіднений. Водночас в районах нафтовидобутку спостерігається пристосування окремих складових екосистеми до хронічного впливу контамінантів, розвиваються стійкі види, які домінують на фоні пригнічення інших видів [17].

У зв'язку з цим актуальним є аналіз участі рослин у процесах деструкції компонентів нафти та розробка підходів для фіторемедіації нафтозабруднених територій. Деякі вищі рослини

характеризуються високою поглинальною здатністю вуглеводнів, можливістю детоксифікувати ксенобіотики ароматичного ряду з перетворенням їх до вуглекислоти [4, 16].

Відома участь елодеї канадської (*Elodea canadensis* Michx.) у очищенні водою від толуолу, стійкість якої до полютантів пов'язана з високим рівнем активності пероксидази у тканинах [15].

Перспективними фіторемедіантами є такі деревні види – тополя (*Populus* L.), горіх волоський (*Juglans regia* L.), обліпиха крушиновидна (*Hippophae rhamnoides* L.), які успішно адаптуються до екстремальних умов нафтозабрудненого ґрунту, покращують його біологічні та фізико-хімічні властивості, збагачують азотомісними сполуками, знижують рівень контамінантів у довкіллі [13].

Стійкими до нафтового забруднення є бобові (*Fabaceae*), що пояснюється їх здатністю фіксувати атмосферний азот та розкладати вуглеводні і використовувати їх як альтернативне джерело живлення [21].

Значною фітоіндикаційною інформативністю характеризуються нижчі рослини – мохи та лишайники, які чутливо реагують на зміну складу атмосфери, широко поширені у природі та зручні для експозиції у забруднених районах. Першими в умовах забрудненого довкілля зникають кущисті лишайники, потім – листуваті, і останніми – накипні [12].

Враховуючи вищевикладене, пропонується ряд рекомендацій для підвищення екологічної безпеки під час експлуатації свердловин:

- використовувати удосконалене обладнання, яке зменшує надходження в ПША шкідливих речовин (Патенти України) [6, 11, 20];

- враховувати небезпечні природно-кліматичні умови під час технологічних процесів спорудження свердловини;

- використовувати як показники ГДК, так фітоіндикацію для правдивої оцінки якості природного середовища;

- застосовувати в процесі спорудження нафтогазових свердловин фіторемедіацію для очищення забруднених територій.

В роботі проаналізовано окремі блоки бурового обладнання та виділено найбільш небезпечні технологічні процеси, які сприяють надходженню полютантів в довкілля. Під час буріння свердловин відбувається забруднення всіх компонентів довкілля, однак найбільш вагомий вплив припадає на ПША, тому подальші дослідження доцільно продовжувати для зменшення надходження шкідливих речовин в атмосферу.

Підтверджено доцільність проведення фітоіндикації нафтозабруднених територій з метою виявлення чутливих та інформативних рослин-індикаторів екологічного стану довкілля та стійких видів для фіторемедіації техногенно-трансформованих екосистем.

Література

1. Ганжа Д. Морфологічна реакція листків тополі в різних умовах урботехногенного навантаження / Д. Ганжа // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2012. – Вип. 60. – С. 163-170.

2. Глібовицька Н. І. Вітальність та біоіндикаційна перспективність липи серцелистої (*Tiliacordata* Mill.) в урбоекосистемі Івано-Франківська: автореф. дис. канд. біол. наук: 03.00.16. / Глібовицька Н. І. – Дніпропетровськ, 2015. – 20 с.

3. Глібовицька Н. І. Фітоіндикація міста Івано-Франківська за зміною морфологічних параметрів *Tiliacordata* Mill. / Н.І. Глібовицька // Вісник Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника. Серія «Біологія». – 2012. – Вип. 17. – С. 221–225.
4. Гольдфейн М. Д. Некоторые особенности биоиндикации органических соединений ароматического ряда / М. Н. Гольдфейн // Сборник научных трудов «Современный мир, природа и человек». – 2009. – Т. 1, вып. 1. – С. 107-108.
5. Зильберман М. В. Биотестирование почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. / М.В. Зильберман, Е.А. Порошина. - Пермь: УралНИИ «Экология», 2005. – 110 с.
6. Іващенко В., Шкіца Л. Є., Яцишин Т.М., Лях М. М. Патент України 108717 МРК Е21В 37/02(2006.01) В08В 9/023 (2006.01). Пристрій для очищення свердловинного інструменту.
7. Карпин О. Л. Реакція антиоксидантної системи рослин *Carex hirta* L. *Fababona* Medic. (*Vicia faba* L.) в умовах нафтового забруднення ґрунту: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.12. / О.Л. Карпин– Київ, 2010. – 20 с.
8. Клименко М. О. Моніторинг довкілля. / М.О. Клименко, А.Н. Прищепа, Н.М. Вознюк. – К.: Академія, 2006 – 360 с.
9. Кодина Л. А. Геохимическая диагностика нефтяного загрязнения почвы. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. / Л.А. Кодина– М.: Наука, 1988. – С. 112-122.
10. Кордюм Е. Л. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях. / Е.Л. Кордюм– К.: Наукова думка, 2003. – 277 с.
11. Лях М.М. Пат. 89267 Україна, МПК(2009) Н 04 С 5/00. Гідроциклон / Лях М.М., Вакалюк В.М., Яцишин Т.М., Солоничний Я.В., Лях Ю.М., Вільчик О.Г.; заявник і патентовласник ІФНТУНГ - №а200804167; заявл. 02.04.2008; опубл. 11.01.2010, Бюл. №1, 2010.
12. Мелехова О. П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. / О. П. Мелехова, Е.И. Егорова– М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
13. Романюк О. І. Комплексний екологічний моніторинг нафто забруднених територій на прикладі м. Борислава / О.І. Романюк, Л.З. Шевчик // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2013. – № 5. С. 19-22.
14. Саксонов М. Н., Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы: учеб. пособие. / М.Н. Саксонов, А.Д. Абалаков, Л. В. Данько, О.А. Бархатова и др. – Иркутск: Иркут.ун-т, 2005. – 114 с.
15. Тумайкина Ю. А. Деструкція вуглеводнів і їхніх похідних рослинно-мікробною асоціацією на основі елодеї канадської / Ю.А.Тумайкина, О.В. Турковская, В.В. Ігнатов// Прикладна біохімія й мікробіологія. – 2008. – Т. 44, № 4. – С. 422-429.
16. Угрехелидзе Д. Ш. Метаболизм экзогенных алканов и ароматических углеводов в растениях. / Д.Ш. Угрехелидзе– Тбилиси: Мецниереба, 1976. – 121 с.
17. Цайтлер М. Й. Відновлення рослинного покриву і зміни структури ценопопуляцій трав'яних рослин на нафтозабруднених територіях Бориславського нафтового родовища: автореф. дис. ... канд. біол. наук. / М.Й. Цайтлер - Дніпропетровськ. – 2001. – 16 с.
18. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. / Р. Шуберт – М.: Мир, 1988. – 348 с.
19. Шкіца Л.Є. Аналіз насосно-циркуляційної системи бурової установки з точки зору екологічної безпеки / Л.Є. Шкіца, Т.М. Яцишин // «Сучасні проблеми та шляхи їх вирішення в науці, транспорті, виробництві та освіті 2012»: Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції <http://www.sworld.com.ua/konfer29/1018.pdf>.

20. Шкіца Л.Є. Пат.101928 Україна, (2012.01) В65G27/00. Вібросито для очищення бурового розчину / Шкіца Л.Є., Яцишин Т.М., Лях М.М., Федоляк Н.В. заявник і патентовласник ІФНТУНГ - №а201206535; заявл. 29.05.2012; опубл. 13.05.2013, Бюл. №9, 2013.

21. JitaPatra, Brahma B. A comparison of biochemical responses to oxidative and metal stress in seedlings of barley, *Hordeumvulgare* L./JitaPatra, B.Brahma // Environmental pollution. – 1998. – № 101. –Р. 99-105.