ISSN 2306-9716

МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

1(20), Том 1

КИЇВ – 2018

УДК 502+504
ББК 20.1

Друкується за рішенням Вченої Ради Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління (№ 3-18 від 01.03.2018 р.)
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 15768–4240 р.

Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор О.І. Бондар. – К. : ДЕА, 2018. – № 1(20). – Т. 1. – 160 с.

Головний редактор:
Бондар О.І., член-кореспондент НААНУ, д.б.н., проф.
Науковий редактор:
Машков О.А., д.т.н., проф.
Заступник головного редактора:
Нагорнева Н.А.
Відповідальний редактор:
Сікачина В.Г.
Відповідальний секретар:
Жук Ю.І.

Редакційна колегія:
Аверін Г.В., д.т.н.; Азаров С.І., д.т.н.;
Азасков В.М., д.т.н.; Антонов А.В., д.т.н.;
Барабаш О.В., д.т.н.; Барановська В.Є., к.е.н.;
Белецкий В.М., д.т.н. (Республіка Польща);
Білявський Г.О., д.г.-м.н.;
Богдасаров М.А., д.г-м.н. (Республіка Білорусь);
Бондаренко О.А., д.б.н.; Будзяк О.С., д.е.н.;
Ващенко В.М., д.ф.-м.н.; Галушкіна Т.П., д.е.н.;
Гавриленко В.В., д.т.н.; Глушков О.В., д.ф.-м.н.;
Дутов О.І., д.с.-г.н.; Захматов В.Д., д.т.н.;
Зубова Л.Г., д.т.н.; Ільїн В.М., д.б.н.;
Ільїн О.Ю., д.т.н.; Іващенко Т.Г., к.т.н.;
Козелков С.В., д.т.н.; Коростіль Ю.С. (Республіка Польща), д.т.н.;
Костишин С.С., д.б.н.; Кравченко Ю.В., д.т.н.;
Крайнов І.П., д.т.н.; Кутлахмедов Ю.О., д.б.н.;
Лапшин Ю.С., д.т.н.; Левченко О.М., д.е.н.;
Леонець В.О. к.е.н.; Мальований М.С., д.т.н.;
Машков В.А. (Чеська Республіка), д.т.н.;
Машков О.А., д.т.н.; Мокін В.Б., д.т.н.;
Москаленко А.М., к.е.н.; Моргун В.А., д.і.н.;
Неділько С.М., д.т.н.; Пашков Д.П., д.т.н.;
Пекло А.М., к.б.н.; Петриашвили Г., д.т.н. (Республіка Польща);
Петрук В.Г., д.т.н.; Рудько Г.І., д.т.н., д.г.-м.н., д.г.н.;
Саталкін Ю.М., к.т.н.; Соколов Ю.М., д.т.н.;
Тимошенко М.М., к.т.н.; Третяк А.М., д.е.н.;
Трофимчук О.М., д.т.н.; Тупкало В.М., д.т.н.;
Христо Атанасов Крагунов (Республіка Болгарія), PhD, професор;
Улицький О.А., д.т.н.;
Чумаченко С.М., д.т.н.; Шматков Г.Г., д.б.н.;
Юрченко А.Д., к.е.н.;
Prof.Dr. Clemens Walther (Німеччина);
Prof.Dr. Jan-Willem Vahlbruch (Німеччина);
Prof.Dr. Stefan Bister (Німеччина).

Науково-практичний журнал «Екологічні науки» входить до переліку наукових фахових видань із двох галузей наук: Біологічні науки (Наказ Міносвіти України № 153 від 14.02.2014), Технічні науки (Наказ Міносвіти № 642 від 16.05.2014).

Журнал публікує (після рецензування та редагування) статті, які містять нові теоретичні та практичні здобутки в галузі екологічних наук.

© Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, 2018

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....5

Бондар О.І., Шевченко Р.Ю., Машков О.А., Пашков Д.П. Екологічний моніторинг та екологічна безпека рекреаційного природокористування Дніпровських островів міста Києва 5

Хандогіна О.В. Аналіз системи управління та поводження з твердими побутовими відходами в м. Дергачі Харківської області..... 12

Zakhmatov V.D., Bondar O.I. Ecology accidents protection as effective fire-fighting and explosive prevention of port's container's terminals in accordance of analyze of fire-explosive-toxically Catastrophe at sea-port at Tianjin-town.....18

Ткачук К.К., Ополінський І.О. Прогнозування рівня екологічної небезпеки звалищ відходів 28

Ковров О.С., Колесник В.Є. Прогнозна оцінка зсувонебезпеки у регіонах України та на локальних територіях яружно-балочної мережі..... 32

Малєєв В.О., Безпальченко В.М. Підтоплення територій Херсонської області: аналіз причин, шляхи вирішення проблеми.....39

ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО.....44

Ребрикова П.А., Саблій Л.А. Застосування іммобілізованих мікроорганізмів для інтенсифікації процесу очищення стічних вод деревообробних підприємств.....44

Петров С.В., Забулонов Ю.Л., Яшар Катирджыоглу Т. Экологоэнергетический аспект плазменной подсветки топлив для теплоагрегатов..... 47

Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Задунай О.С. Аналіз факторів техногенного впливу АЕС на довкілля.....57

Трохименко Г.Г., Магась Н.І., Ахмедова В.Р. Застосування ЕМ-препаратів як одного з можливих методів доочищення стічних вод підприємства пивоваріння від нітратів.....66

Менейлюк О.І., Черепащук Л.А., Олійник Н.В. Енергоефективні огороджувальні стінові конструкції з використанням пінополістиролу..... 71

Нестеренко С.А., Дадерко О.И., Саух И.А. Экологическая составляющая интеллектуального метода распознавания ближайшей пары в нечетких условиях..... 74

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.....78

Турченюк В.О., Рокочинський А.М. Дренаж на рисових зрошувальних системах та ефективність його роботи.....78

Голуб Г.А., Дворник А.В. Узагальнення досліджень по доцільності застосування технології смугового обробітку ґрунту.....81

Незбрицька І.М., Хижняк С.В. Токсичний вплив гербіцидів на зелену мікроводорість *Desmodesmus subspicatus*.....85

Іщенко О.К., Кратковський І.Л., Іщенко К.С. Використання відходів гірничорудного виробництва для ефективного матеріалу набійки у зарядах вибухових речовин.....89

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГО-ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ.....96

Лямзін А.О., Ніколаєнко І.В. Екологічні аспекти сталого розвитку приморського міста.....96

ТЕОРЕТИЧНА ЕКОЛОГІЯ..... 100

Красовський В.В. Цвітіння та запилення азиміни трилопатевої (Asimina triloba (L.) dunal) в лісостепу України.....100

Вольчин І.А., Мезін С.В., Ясинецький А.О. Дослідження поглинання діоксиду сірки амоніаком у газовій фазі у присутності водяної пари.....104

Барабаш О.В., Вознюк Я.Ю. Екологічний слід як індикатор природного капіталу екосистем..... 109

ЕКОЛОГІЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ.....114

Савчук Д.П., Бабіцька О.А., Котикович І.В., Кузьмінський В.В., Кузьмінський В.О. Заходи з екологічного відновлення малих річок на прикладі річки Каланчак у Херсонській області..... 114

Орлінська О.В., Максимова Н.М., Пікареня Д.С. Оцінка забруднення підземних вод хімічними сполуками відвальних порід……117

Бошкова І.Л., Волгушева Н.В., Бошков Л.З. Мікрохвильова обробка рослинного субстрату для дереворуйнуючих грибів……121

БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА……126

Гринцова Н.Б., Романюк А.М., Линдін М.С., Линдіна Ю.М. Вплив забруднювачів водного середовища (солей важких металів) на неспецифічні механізми регуляції гемопоезу за умов підгострої дії та корекції антиоксидантами (L-токоферол)……126

РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ……131

Пальчик О.О., Тетьоркіна В.А., Шепель І.М., Дехтярьова О.О., Чернікова Н.В. Рекреаційний еколого-туристичний потенціал долини річки Мжа як території майбутнього національного природного парку……131

ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОБЕЗПЕКИ……135

Пляцук Л.Д., Черниш Є.Ю., Яхненко О.М., Аблєєва І.Ю., Макаренко Н.О., Чубур В.С. Розвиток екологічно безпечних технологій конверсії фосфорвмісної сировини природнього та техногенного походження……135

Дмитроченкова Е.І. Аналіз міжнародних систем сертифікації «зеленого» будівництва……140

Кухнюк О.В. Моніторинг забруднення радіонуклідами ґрунтів Черкаської області та їх міграція в овочеву продукцію……144

ЕКОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ В КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ……147

Yakymenko I., Salavor O., Shapovalov E. Environmental policies of the European Union as a roadmap for modern Ukraine……147

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО……151

Перебинос А.Р., Кривомаз Т.І. Фунгіциди в практиці захисту дерев'яних будівельних конструкцій від мікропошкоджень……151

БІБЛІОГРАФІЯ……156

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ……158

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 502.7:504:711:581.52

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА РЕКРЕАЦІЙНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ДНІПРОВСЬКИХ ОСТРОВІВ МІСТА КИЄВА

Бондар О.І., Шевченко Р.Ю., Машков О.А., Пашков Д.П.
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
202907@ukr.net

Розглянуто результати проведення екологічного моніторингу та еколого-географічного аудиту екологічної безпеки території островів і акваторії р. Дніпро в м. Києві: аналіз геозображень, формування берегової лінії Дніпра, еколого-рекреаційний опис території щодо туристично-рекреаційного проектування і рекультивації території. Подано рекомендації щодо екологічної безпеки природокористування островів. *Ключові слова:* екологічний моніторинг, екологічна безпека, регіональний ландшафтний парк, рекреаційне середовище, аерокосмічні методи, рекреаційний потенціал.

Экологический мониторинг и экологическая безопасность рекреационного природопользования днепровских островов города Киева. Бондарь А.И., Шевченко Р.Ю., Машков О.А., Пашков Д.П. Рассмотрены результаты экологического мониторинга и эколого-географического аудита экологической безопасности территории островов и акватории р. Днепр в г. Киеве: анализ геоизображений, формирование береговой линии Днепра, эколого-рекреационное описание территории относительно туристско-рекреационного проектирования и рекультивации территории. Даны рекомендации по обеспечению экологической безопасности природопользования островов. *Ключевые слова:* экологический мониторинг, экологическая безопасность, региональный ландшафтный парк, рекреационная среда, аэрокосмические методы, рекреационный потенциал.

Ecological monitoring and ecological safety of recreational wildlife management of the Dnieper islands of the city of Kyiv. Bondar O.I., Shevchenko R.Yu., Mashkov O.A., Pashkov D.P. The results of the environmental monitoring and ecological and geographical audit of the ecological safety of the territory of the islands and the water area of the Dnipro River in Kyiv are analyzed: analysis of geographic images, formation of the Dnipro coastline, ecological and recreational description of the territory regarding tourist and recreational design and rehabilitation of the territory. The recommendations for ensuring the ecological safety of natural resources of the islands are given. *Key words:* ecological monitoring, ecological safety, regional landscape park, recreational environment, aerospace methods, recreational potential.

Постановка проблеми. Регіональний ландшафтний парк «Дніпровські острови» (далі – РЛП) площею 1 214,99 га створений рішенням Київської міської ради від 23 грудня 2004 р. в межах Голосіївського, Деснянського, Дніпровського, Оболонського та Печерського районів міста [1]. РЛП територіально межує з державним заказником «Жуків острів», біосферним заказником «Озеро Вербне» басейну р. Почайна, Голосіївським національним природним парком.

До структури території парку входять суходільні й акваторіальні простори. Водні ресурси представлені північною межею Канівського водосховища, яке географічно проходить за греблею Київської гідроелектростанції (далі – ГЕС), і представлені гідронімами заток, проток і гирл (з півночі на південь): судноплавний канал Київської ГЕС, Старосільський рукав (Річище), затоки Журавель, Лукове, гирло р. Десна, Доманя (Десенка), Собаче Гирло, Оболонь, Наталка, Десенка, Гавань (Притика), Матвіївська губа та затока Довбичка, протоки Русанівська, Венеціанська та Щуча, Русанівський канал і затоки південної частини РЛП (Видубицька, Берківщина, Дніпровська, Синятин, Будіндустрії, Миколайчик, Галерна, Підкова, Млинове та Старик).

Суходіл РЛП являє собою 41 об'єкт: плесові острови й острови з лісовими масивами, півострови та прилеглі території заплави Дніпра та його притоків (з півночі на південь), острови Вальківський, Пташиний, Великий, Крайній, Лордовський, Муромець, Оболонський (Катін), Собачий (Псів), Лопуховатий (Ольгин), Міжмостний, Труханів із півостровом Лісовим, Рибальський півострів, острови Долобецький, Венеціанський (Передмостова Слобідка), Гідропарк (Малий), Русанівський, Малий, Штучний, Великий, Супутник, Лиска, Жуків, півострів Водників, острови Козачий, Проміжний та Ольжин.

До гідрографічної мережі РЛП входить ще до 30 безіменних островів природного та техногенного

генезису (створені внаслідок роботи гідронамивних агрегатів і острів-фортеця з розташуванням девіаційної башти, яка використовується для повірки роботи компасів суден із GPS-координатами: 50°21’50” N, 30°34’40” E). Оглядовий ортофотоплан РЛП «Дніпровські острови» представлений на рис. 1.

Актуальність дослідження ґрунтується на необхідності комплексного екологічного моніторингу РЛП, флори та фауни островів, забруднення водних просторів, організації рекреаційної діяльності на території.

Зв’язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Сьогодні цікавість до РЛП підсилює громадський розголос щодо можливої приватної забудови території Труханового острова, антропогенного впливу на біоту РЛП під час будівництва Подільсько-Воскресенського мостового переходу, що набуло форм довгобуду (із грудня 2003 р. забита перша демонстраційна паля опори мосту в районі Прибабиного озера). Потребують вирішення питання створення рекреалогічного кадастру територій і акваторій РЛП, їх утримання та захисту; визначення рівня еколого-рекреаційного потенціалу парку для залучення інвестицій на його розвиток, організації екологічних квестів, флешмобів і екофестивалів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковій літературі питання РЛП «Дніпровські острови» висвітлюється мало. В інтернет-публікаціях значна увага приділяється можливому приєднанню РЛП до Голосіївського національного природного парку [2]. Але такий юридичний акт є передчасним, адже надзвичайно різні складники заповідання представлені у відповідних одиницях природно-заповідного фонду м. Києва. Голосіївський НПП це здебільшого лісові масиви, «Дніпровські острови» – водні простори зі значною частиною незайманих острівних територій.

Історична гідролого-екологічна інформація щодо дніпровських островів висвітлена в монографії І. Парінкози «Київські острови та прибережні урочища на Дніпрі – погляд крізь віки» [4].

Аналіз попередніх публікацій виявив, що в еколого-географічних дослідженнях дніпровських островів у районі м. Києва недостатньо вивчені природна характеристика долини р. Дніпро, історія дніпровських островів, урочищ з погляду ботаніки, орнітології, не запропоновані шляхи оптимізації довкілля долини р. Дніпро в районі м. Києва.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на мальовничість ландшафтів парку, не сформована його еколого-рекреаційна інфраструктура і технологічно не обґрунтована науково. Потребують вивчення основні фізико-географічні й еколого-ландшафтні характеристики РЛП за методами дистанційного зондування, аналізу архівних і сучасних географічних та топографічних карт території парку, проведення рекогностувальних еколого-моніторингових експедицій для уточнення еколого-біологічних і бальнеологічних даних для прокладання екологічних маршрутів (екостежок) територією й акваторією парку, укладання еколого-рекреаційних картосхем оптимізації освітньо-екологічної роботи в РЛП, а також картографічного обґрунтування планування території парку та мережі обмеженого транспортного забезпечення.

Не вирішеною залишається наукова проблема методологічного та загально-наукового обґрунтування еколого-просвітницького простору дніпровських островів щодо екологічної освіти, рекреації та їх інтерпретації.

Новизна наукового дослідження – пропозиція картографічного проекту організації еколого-рекреаційної діяльності в РЛП з урахуванням еколого-географічних, соціально-економічних та історико-культурних чинників.

Методи дослідження: експедиційний, описово-географічний (опис нових ортофотопланів) і картографічний (моделювання даних) у середовищі геоінформаційної системи (далі – ГІС).

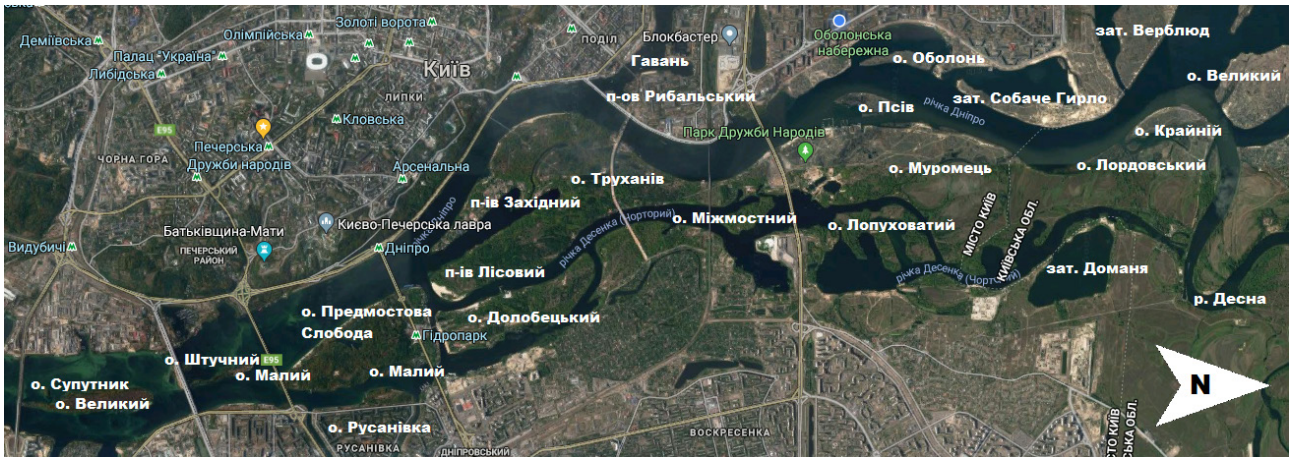
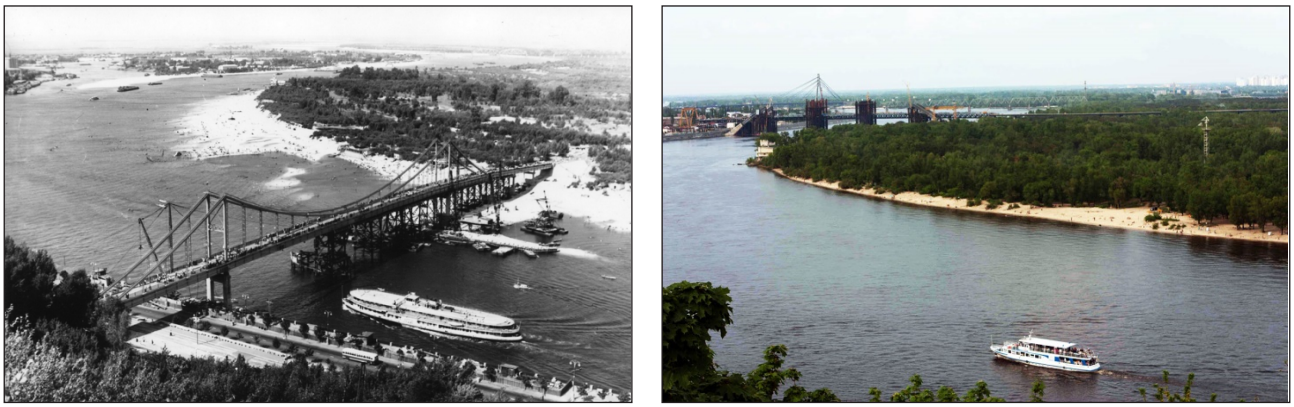


Рис. 1. Оглядовий ортофотоплан РЛП «Дніпровські острови»

Виклад основного матеріалу. В акваторії Канівського водосховища м. Києва триває природний процес утворення островів, що не є екологічною катастрофою і не відповідає масовій інформації про обміління Дніпра [5]. Це твердження спростовується звичайними фотографічними порівняннями водних просторів між мостами Метро та Є.О. Патона в період 50–70 рр. XX ст. із сьогоденням. Дослідженнями доведено, що площі плесових замілин надзвичано більші за теперішні, а берег, наприклад, Труханового острова середини XX ст. глибше впирається до водної артерії, ніж за теперішнього стану (рис. 2, 3). Є інформація [6], що р. Дніпро має періодичні гідрологічні феномени щодо повного висихання русла. Так, 1901 р. в Україні були дуже спекотні весна і літо, кілька місяців не було жодних опадів, постраждали врожаї, обміліли річки й озера, а в Києві цілком пересох Дніпро. Внаслідок цих природних катаклізмів річка навіть дно Дніпра місцями потріскалося і було настільки рівним, що там влаштовувалися перегони диліжансів, а деякі велосипедисти навіть організовували велозабіг «Київ – Канів». Російський уряд намагався поглибити русло, але й там, на глибині, води не було. Подивитися на висохлу річку приїжджали фахівці із сусідніх країн. Залишилися фотографії пересохлого Дніпра проти Видубицького монастиря. Були й аномалії з надзвичайними повенями, про що збереглися пам'ятні знаки на Подолі та Трухановому острові й на опорах київських мостів.

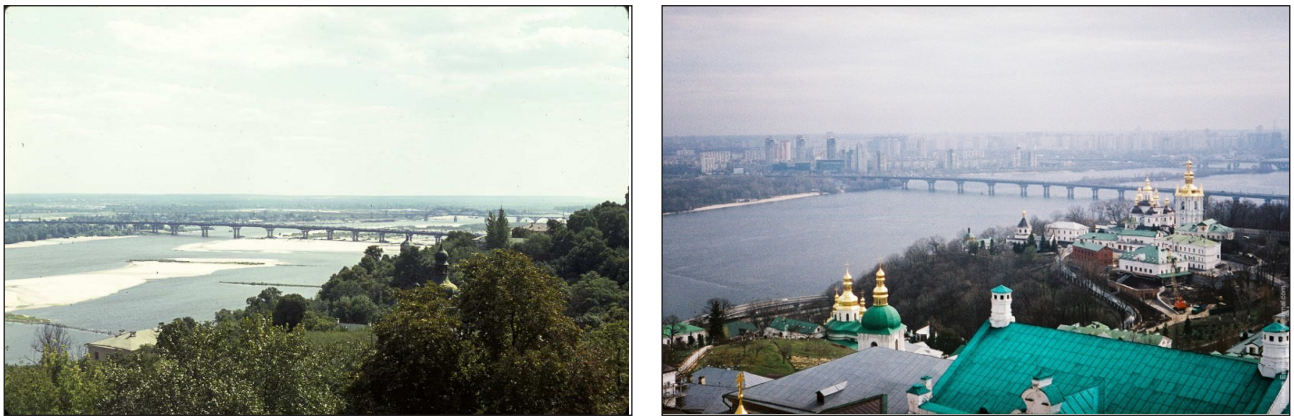
Для запобігання надзвичайним ситуаціям розроблялися різні картографічні і проектні пропозиції щодо розвитку Труханового острова, які висвітлені в статті «Живого журналу» (англ. – Livejournal) сайту «Захоплюючий Київ» [2], еколого-реакреаційні складники острова – у публікації Д. Белова «Труханов остров: лесная чаща в самом сердце Киева» з картою-схемою розташування об'єктів релаксації на території Дніпровського парку культури та відпочинку (назва частини РЛП до середини 2000-х рр.) [3].

Алгоритм наукового дослідження РЛП «Дніпровські острови» необхідно проводити за напрямами, зазначеними на схемі 1.



А *Б*

Рис. 2. Фото еволюції берегової лінії Труханового острова РЛП «Дніпровські острови»: А – 1957 р., Б – 2013 р.



А *Б*

Рис. 3. Фото еволюції плесової зони Венеціанського острова (Передмостова Слобода) РЛП «Дніпровські острови»: А – 1970 р., Б – 2015 р.

Відповідно до карти на рис. 1, поділяємо територіально-акваторіальний простір РЛП на ареали екологічного моніторингу визначених зон. Перша зона екологічного моніторингу – острови Труханів, Муромець, Великий і маленькі острови біля них. Другий центр природно-рекреаційного моніторингу РЛП – острови Долобецький і Венеціанський (Передмостова Слобода), третій – острів Жуків, четвертий – малі і безіменні острови та мілини.

Острів Великий розташований біля дамби Київської ГЕС, є природно-антропогенним утворенням, що виникло внаслідок регулювання Київського моря, є піщаним, витягнутим у вигляді підкови в напрямку течії р. Дніпро. Внутрішня «підкова» острова омивається затокою Журавель, 80% території острова являють собою чагарники та широколистяні посадки, у південно-східній його частині розміщується селище дачних ділянок. Навколишні води острова мешканці використовують у рибальській справі. Єдиним джерелом забруденння вод острова є водна станція та теплоходи і приватні яхти, що проходять уздовж острова.

Острів має надзвичайно високий рівень освітньо-екологічного та рекреаційного потенціалу. Це зумовлено тим, що з його північної частини відкривається пряма видимість на першу станцію гідротехнічного каскаду дніпровських ГЕС – Київську гідроелектростанцію. Із цієї ділянки проглядаються шлюзи, судноплавний канал і релігійні перлини м. Вишгорода – церква Св. Бориса та Гліба. Облаштування відповідного майданчика дасть можливість створити так званну “view point” для популярних зараз селфі-сесій. А купальний напрям на острові в його північній і північно-східній частинах є небезпечним та забороненим, що пов’язано з роботою гідровузла та дніпровської водогінної станції. Що стосується еколого-техногенної безпеки України та м. Києва, цей острів має військово-стратегічний статус.

Труханів острів є найбільшим островом РЛП «Дніпровські острови» (назва пов’язана з ханом Тугурханом). Острів виник за часів Середньовіччя. Відомо, що судохідна частина тогочасного Дніпра проходила за руслом сучасної Матвіївської затоки та губи. На схід від півострова Лісового (південно-східна частина Труханового острова) у давнину була дельта р. Десна, що складалася із власне Труханового, тоді ще Долобецького, та Венеціанського (Передмостова Слобода) островів. Із побудовою дамби в північній частині сучасної Десенки-Чорторий р. Десна стала впадати в р. Дніпро в районі сучасного о. Великий.

Труханів острів складається з північної частини Муромця, на якому розташований орнітологічний заказник «Урочище Бобрівня» (острів також відомий великою кількістю бобрів і побудованими ними системами дамб на однойменній р. Бобрівня) й острова Крайній, що примикає до Муромця із заходу.

У центральній частині ур. Муромець розташований парк Чорторий (Дружби народів) із радіальною системою паркових алей і колоподібною клумбою, що оформляється АТ «Київзеленбуд» щороку із квітня по вересень. На зазначеній території також є болотні угіддя – менше 5% від загальної площі. Поряд із болотом на схід локалізовано озеро Хробак. На острові Муромець розташований піщаний кар’єр на місці прориву труб земленасосів.

Площа лісів урочища сягає 70%, на ці території розташовані: оз. Стара Річка в ур. Калинівка й озера Кільнище та Мале Кільнище в степовій частині урочища, що становить 30% площі загальної території.

Труханів острів перетинають два мости: Північний (Московський) та Північний залізничний (Петрівський), від кам’яної набережної пагорбів був перекинутий пішохідний Парковий міст. Будується двоярусний Подільсько-Воскресенський автометроміст (народна назва – Турецький міст).

Острів відомий такими розважально-рекреаційними зонами, як: спортивна конеферма, нічний клуб “The Most Open Air”, водний екстрим-парк із мінігольфом в ур. Чорторий, футбольне поле ФК «Троєщина», кордодром тощо. Тут розташовано багато баз відпочинку: «Чайка» на березі протоки Десенки, «Більшовик» та ін. У вузькій частині між річищами Дніпра та Десенки в районі залізничного моста позначено місце катастрофи мотопароплана (8 червня 2012 р.). Територія Труханова острова поділяється на два підковоподібних півострови – Західний (між річищем Дніпра та Матвіївською затокою) та Лісовий (між Матвіївською затокою та р. Десенка-Чорторий). Півострів Західний забудований одно-, двоповерховими будинками спортивних баз і навчально-спортивних комплексів.

З усіх складників РЛП «Дніпровські острови» Труханів острів має значний природно-рекреаційний потенціал. Другим за потенціалом, але найбільш залученим до еколого-рекреаційної діяльності, є о. Передмостова Слобода (Гідропарк) разом з о. Долобецький, на який перекинутий арковий парковий міст. Інші острови, на наш погляд, не мають найближчим часом економічної перспективи щодо рентабельності для еколого-рекреаційних інвестицій внаслідок відділеності від центру та слоборозвиненої системи роботи річкового транспорту, що перебуває в занепаді останні двадцять років. Отже, моделювання еколого-рекреаційного потенціалу необхідно проводити на південній території Труханового острова, який буде експериментальним прикладом для проведення аналогічних досліджень на інших слабо рекреаційованих островах РЛП «Дніпровські острови».

Велике значення урочища островів мають для формування теплофізичного поля міста через вплив на вегетативні, фенологічні та кліматичні процеси. Зелені зони островів входять до зеленого поясу м. Києва, акумулюють й абсорбують усі патогенні викиди в атмосферу, суттєво впливають на термічне регулювання повітряних мас у холодні та спекотні сезони.

Для визначення рівня, якого сягає температура акваторій і територій дніпровських островів протягом спекотної погоди, були використані термальні знімки з космічного супутника "Landsat-8". Спеціалізовані розвідки здійснено Центром аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України С. Станкевичем, В. Філіпповичем, М. Лубським, А. Криловим, С. Крицуком, О. Бровкіною, В. Горним та О. Троніним [7]. Виявилося, що середня приземна температура поверхні островів становить +22,3°С, коли на Майдані Незалежності вона сягає +55,6°С.

Зелені зони Труханового острова є терморегулятором міського клімату. Досліджені середньолітні температури для вивчення ролі зелених насаджень у РЛП та відсоток їх озеленення. Відсоток озеленення розраховували за знімками з високою просторовою роздільною здатністю із супутника "World View-2". Досліджували райони приватного сектора Русанівських садів, оскільки в них відсоток озеленення регулюється власниками ділянок і є переважно високим. За даними моніторингу, температура тут становить +200С – +250С у районі оз. Бабиного, а на забудованих територіях Оболоні, що прилягають до Дніпра, – на рівні > + 400С [8]. Взимку відповідний градієнт температури знижується в напрямку островів Труханів, Муромець, Долобецький і концентрує сумарний показник холоду над дніпровською акваторією міста.

Перевірка цих даних здійснювалася за спектральними індексами спектрограм листя дерев. Для оцінки екологічних умов їхнього росту на Дніпровських островах визначена на окремих ділянках о. Гідропарк (Передмостова слобідка) та в акваторії затоки Вовкувата залежність від нагрівання фізичної поверхні та кореляції вегетації від температурного регулювання [9]. Також проведений порівняльний експеримент термофізичних показників островів м. Києва та м. Санкт-Петербурга і виявлені чинники впливу результатуючих температур зелених насаджень річкових островів на ревіталізацію кліматичних показників [10].

На вегетацію дерев дніпровських островів у районі м. Київ впливає і температура водної поверхні на всіх рівневих зрізах глибин. Дані супутника "Landsat-8" та результати їх оброблення дозволяють оцінювати теплофізичний стан, який протягом року зазнає значних коливань. Більш сталою температура є в руслі р. Дніпро, мінлива – у Венеціанській протоці і особливо в затоках у районі Оболоні. Найбільші відмінності між температурними умовами в річищі Дніпра та в Десні-Чорторий спостерігаються в другій половині липня – першій половині серпня, коли температура води найвища і набільше її «цвітіння». Униз від Київської ГЕС за течією температура води поступово зростає: частково завдяки прогріванню на мілинах, частково – завдяки впливу Десни, температура в якій улітку вища, ніж у Дніпрі. У літній період найтеплішою є вода в затоках Дніпра Оболоні: Наталці, Собачому Гирлі та Луковому (Верблюді) [11].

Стан каламутності води в районі дніпровських островів досліджується за моніторинговими

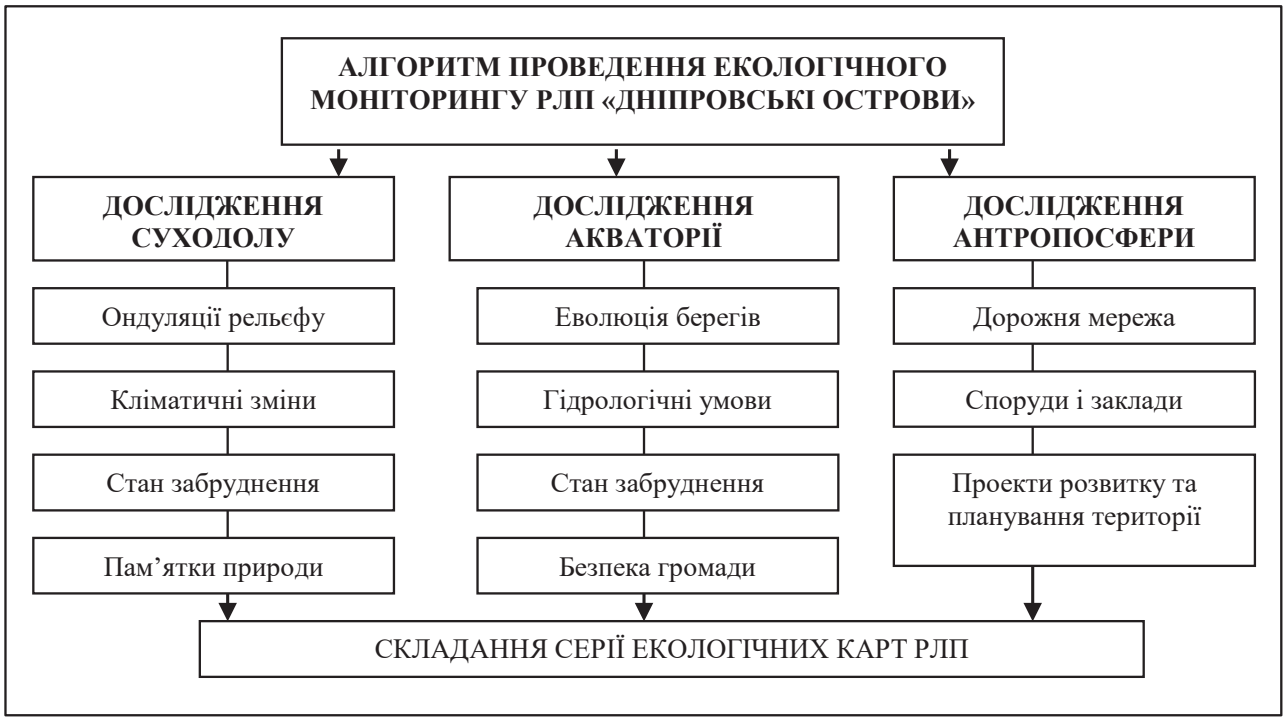


Схема 1.
Алгоритм наукових досліджень

пунктами в районі о. Великий, о. Венеціанський, урочищ Гідропарк, Нижня Теличка, Нижні Осокорки. Цей показник також залежить від теплофізичних інтегральних показників повітря, води та суходолу дніпровських островів.

Доведено, що відсоток озеленення впливає на конвекцію техногенного повітря м. Києва, перешкоджає надмірному охолодженню взимку та перегріванню влітку, формуючи річкові бризові вітри уздовж берегової лінії лівого берега та висот правобережжя.

Оскільки кліматичні і особливо температурні показники є домінуючими для організації курортно-рекреаційних зон, то моделювання екологічного та природно-рекреаційного потенціалу території Труханового острова проводиться за результатами еколого-краєзнавчих географічних експедицій із визначення географічних координат цікавих і унікальних об'єктів довкілля та визначення їхньої привабливості за п'ятибальною системою перцепційності. Протягом 2016–2018 рр. проведено відповідні екологічні рекогностувальні роботи.

Алгоритм екологічних польових рекогностувальних експедицій виконували етапами: у геоінформаційній системі на ортофотоплані площа південної частини Труханового острова була розбита на регулярну (реляційну) сітку кроком 100 на 100 метрів, у вузлах якої за допомогою GPS-програми для Android (GPS Status Pro) визначені три координатні показники – географічна широта, довгота та висота. Потім галсами пройдені маршрутні коридори і в нерегулярній сітці зібраний координований банк даних унікальних об'єктів природи. Після формування еколого-географічної бази даних аналітично визначено природно-рекреаційний потенціал південної частини Труханового острова.

У результаті аналізу географічної бази даних об'єктів природно-рекреалогічного потенціалу сформульовані такі рекомендації:

– півострів Західний є найбільшим як рекреалогічна територія острова, адже в перспективі разом із півостровом Лісовий його доцільно залучити до еколого-рекреаційної роботи (спеціалізований напрям – еколого-освітня діяльність);

– другим епіцентром рекреаційних можливостей РЛП є північна частина Матвіївської затоки, де необхідно розвивати спортивно-оздоровчий напрям, організовувати еколого-освітні квести (локалізований центр заходів – місточок через Матвіївську губу);

– з підвищенням рівня еколого-рекреаційної й еколого-туристської привабливості постане необхідність перетворення РЛП на Національний природний парк «Дніпровські острови».

Еколого-краєзнавчими експедиціями та детальним рекогностуванням місцевості визначено ареали найбільшої кількості унікальних еколого-географічних, освітньо-екологічних та історико-культурних об'єктів досліджуваної території.

Висновки і перспективи подальших досліджень у цьому напрямі. Регіональний ландшафтний парк «Дніпровські острови» є унікальним об'єктом природно-заповідного фонду м. Києва, потенціал якого для еколого-освітнього, рекреаційного й екологічного (зеленого) туризму ще недооцінений.

На основі даних екологічного експедиційного рекогностування виявлені об'єкти природних туристських атракцій. Архіпелаг дніпровських островів м. Києва може використовуватися лише для екологічного просвітництва. Відповідні водно-територіальні оази природного заповідника – це єдине, що залишилося недоторканим сучасною виснажливою урбанізацією м. Києва, що триває останні двадцять років.

Забороненими повинні бути будь-які будівельні заходи, окрім добудови Подільсько-Воскресенського мосту з улаштуванням станції метро «Труханів острів» на зразок станції «Гідропарк», тобто без промислового та цивільного будівництва.

Важливо зберегти всі без винятку зелені насадження островів як важливі кліматичні і температурні балансири, знищення яких призведе до постійної смогової туманності, формування небезпечного нерозсіюваного хмарного фронту над містом, перетворення мегаполіса на зону екологічного лиха.

Пропонується організація повітроплавального туризму, відновлення та модернізація санаторних зон і перетворення островів на курортні центри рекреації подібні Нью-Йоркському Сентрал-Парку.

Рекомендовано приєднати до РЛП «Дніпровські острови» акваторії прилеглих до парку природних об'єктів: каскад озер Опечень (річище та заплава літописної р. Почайної), рекультивована заплава р. Либідь та інших малих річок і притоків р. Дніпро, мозаїка озер Позняківсько-Осокорківських плавнів тощо.

Перспективою подальших наукових досліджень РЛП «Дніпровські острови» є проект створення комплексного Національного природного парку «Київський Славутич» і розроблення відповідного проекту організації його природних ландшафтів.

Література

1. Про створення регіонального ландшафтного парку «Дніпровські острови»: рішення Київської міської ради № 878/2288 від 23 грудня 2004 р. URL: http://kmr.ligazakon.ua/SITE2/l_docki2.nsf/alldocWWW/DD5D8F2A57403B4EC22573C00052C3FA?OpenDocument.
2. Предложение по развитию Труханового острова. URL: http://interesniy-kiev.livejournal.com/1200043.html.
3. Белов Д. Труханов остров: лесная чаща в самом сердце Киева. Комсомольская правда в Украине. № 5245. С. 12.
4. Парінкоза І. Київські острови та прибережні урочища на Дніпрі – погляд крізь віки: монографія. К.: Дніпро, 2012. 412 с.
5. Днепр катастрофически обмелел: итоги варварского отношения Украины к великой реке. URL: http://www.politnavigator.net/dnepr-katastroficheski-obmelel-itogi-varvarskogo-otnosheniya-ukrainy-k-velikojj-reke.html.

6. Как 1901 г. в Киеве полностью пересох Днепр. URL: http://profidom.com.ua/mnenija/blogi/22928-kak-1901-godu-v-kieve-polnostyu-peresokh-dnepr.
7. Станкевич С., Филиппович В., Лубский Н. и др. Интеркалибрация методов восстановления термодинамической температуры поверхности урбанизированной территории по материалам тепловой космической съемки. Український журнал дистанційного зондування Землі: зб. наук. пр. К.: ЦДЗЗ, 2013. № 7. С. 12–21.
8. Адаптація до змін клімату: зелені зони міст на варті прохолоди: монографія / за ред. Т. Казанцева. К.: ГО «Зелена хвиля», 2016. 40 с.
9. Якимчук В., Ліщенко Л., Суханов К., Порушкевич А. Застосування спектральних індексів спектрограм листя дерев для оцінки екологічних умов їхнього росту в м. Києві. Український журнал дистанційного зондування Землі: зб. наук. пр. К.: ЦДЗЗ, 2015. № 5. С. 4–14.
10. Горный В., Крицук С., Латыпов И. и др. Теплофизические свойства поверхности городской среды (по результатам спутниковых съемок Санкт-Петербурга и Киева). Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: науч. сб. СПб., 2017. Т. 14. № 3. С. 51–66.
11. Вишневський В., Шевчук С. Оцінювання стану водних об’єктів Києва за даними дистанційного зондування Землі. Український журнал дистанційного зондування Землі: зб. наук. пр. К.: ЦДЗЗ, 2016. № 11. С. 9–14.

УДК 502.35/504.05:428.4.02

АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ В М. ДЕРГАЧІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Хандогіна О.В.
Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова
вул. Маршала Бажанова, 17, 61002, м. Харків
ol.khandogina@gmail.com

У статті проведено комплексне оцінювання системи управління та поводження з твердими побутовими відходами в м. Дергачі Харківської області за кількісними і якісними індикаторами. Установлено, що низьким рівнем розвитку системи поводження з відходами в м. Дергачі характеризуються якість послуг зі збирання відходів та очищення вулиць, ступінь перероблення твердих побутових відходів, упровадження заходів щодо зниження кількості відходів, повторне використання й перероблення, місцева інституційна узгодженість. *Ключові слова:* тверді побутові відходи, управління відходами, поводження з відходами, збирання, перероблення, захоронення відходів.

Анализ системы управления и обращения с твердыми бытовыми отходами в г. Дергачи Харьковской области. Хандогина О.В. В статье проведена комплексная оценка системы управления и обращения с твердыми бытовыми отходами в г. Дергачи Харьковской области по количественным и качественным индикаторам. Установлено, что низким уровнем развития системы обращения с отходами в г. Дергачи характеризуются качество услуг по сбору отходов и очистке улиц, степень переработки твердых бытовых отходов, внедрение мероприятий по снижению количества отходов, повторное использование и переработка, местная институциональная согласованность. *Ключевые слова:* твердые бытовые отходы, управление отходами, обращение с отходами, сбор, переработка, захоронение отходов.

Analysis of the management system and management of solid domestic waste in the city of Derhachi, Kharkiv region. Khandohina O. A comprehensive assessment of the management system and management of solid domestic wastes in the city of Derhachi, Kharkiv region, on quantitative and qualitative indicators was carried out. It has been established that the low level of development of the waste management system in Derhachi is characterized by: the quality of waste collection and cleaning services, the degree of processing of solid domestic waste, the introduction of waste reduction measures, reuse and recycling, local institutional consistency. *Key words:* solid domestic waste, waste management, waste management, collection, processing, disposal of waste.

Постановка проблеми. Організація належної системи поводження з побутовими відходами є ключовою соціально-екологічною проблемою на загальнонаціональному й локальному рівнях (для окремо взятих населених пунктів та об'єднаних територіальних громад). У великих містах проблема поводження з відходами вирішується з тим чи іншим ступенем успішності завдяки наявності більших фінансово-економічних можливостей, висококваліфікованого персоналу, політичної волі тощо, а в менших населених пунктах (малих містах, селах, селищах) ситуація є набагато складнішою [1].

Процес прийняття рішень у цій сфері на різних рівнях потребує розроблення, впровадження та використання надійних інструментів для оцінювання стану системи управління відходами, варіантів і технологій поводження з ними.

Актуальність дослідження. Сьогодні стан сфери поводження з відходами в Україні характеризується низкою проблем, вирішення яких потребує проведення комплексного оцінювання ситуації, що склалася, на основі екологічних, економічних, технічних, соціальних аспектів з урахуванням місцевих особливостей. Таке оцінювання забезпечить виявлення недоліків і проблем у практичній реалізації розроблених механізмів поводження з відходами, підвищення поінформованості зацікавлених сторін, прийняття зваженого рішення щодо реформування цієї сфери.

За даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України (МінЖКГ) [2], у 2016 році в країні (без урахування даних АР Крим і м. Севастополя) близько 6% побутових відходів збираються і спрямовані на перероблення та утилізацію, а понад 78% населення охоплено послугами з вивезення побутових відходів. При цьому поширення цієї послуги не є однаковим по всій території країни і здебільшого тяжіє до великих міст. Загальна кількість полігонів і звалищ оцінюється в 5,5 тис. од. загальною площею понад 9 тис. га.

Відсутність, неповнота або низька достовірність даних, які характеризують сферу поводження з відходами, є значною перешкодою для організації ефективної системи управління відходами. У багатьох країнах, що розвиваються, і країнах із перехідною

економікою (до яких зараховують Україну), неформальний сектор поводження з відходами (збирання, сортування, перероблення тощо) становить значну частку системи та важко піддається оцінюванню, що значно впливає на його функціонування.

Натепер в Україні оцінювання системи поводження з відходами в населених пунктах використовується незначною мірою та переважно у великих населених пунктах, обласних центрах [3]. При цьому менше ніж 50 міст України належать до великих, тобто мають населення понад 100 тис. осіб.

Мета статті – провести комплексний аналіз системи управління та поводження з твердими побутовими відходами на прикладі м. Дергачі – районного центра Харківської області, де використовується методика, запропонована програмою ООН зі сприяння сталому розвитку населених пунктів.

Виклад основного матеріалу. Аналіз системи поводження з відходами за цією методикою передбачає аналіз фізичних компонентів та оцінювання елементів управління системою. Методика базується на поєднанні кількісних і якісних показників з подальшим нормуванням їх значень [4; 5].

Ця концепція включає шість груп показників системи управління відходами на локальному рівні: санітарні вимоги (збирання відходів), стан довкілля (перероблення та розміщення відходів), ресурсна цінність (зниження кількості відходів, повторне використання, перероблення), фінансова стійкість, наявність ефективних інституцій, проактивна політика.

Кожна з груп оцінюється за якісними та кількісними індикаторами [6], а показники – за п'ятиступеневою шкалою з різними діапазонами значень залежно від індикатора. Якісні індикатори оцінювались за набором окремих показників по шкалі 0, 5, 10, 15, 20 балів з подальшим обчисленням у відсотках від максимально можливого балу.

Для одержання даних щодо повноти й ефективності функціонування системи поводження з відходами потрібна загальна інформація про населений пункт, основні параметри утворюваних відходів і поводження з ними в «польових» умовах через спостереження, аналізу нормативно-правових, фінансових та інших документів.

Оцінювання проводили за офіційною відкритою інформацією щодо стану розвитку системи поводження з відходами в м. Дергачі й на національному рівні від представників місцевих органів влади м. Дергачі та Дергачівського району.

Місто Дергачі – адміністративний центр Дергачівського району Харківської області з населенням близько 20 тис. осіб. Рівень розвитку системи поводження з відходами є характерним для багатьох аналогічних українських міст. У місті діє комунальне підприємство, яке здійснює збирання й вивезення відходів. На балансі підприємства налічується чотири спеціальні автотранспортні засоби, рівень зносу яких сягає 85%. Вивозять відходи на Дергачівський полігон ТПВ на відстані близько 1 км від м. Дергачі. Збирання відходів здійснюється за валовою системою, роздільне збирання відходів не впроваджене, перероблення відходів у формальному секторі не здійснюється. Місцеве населення ухиляється від укладання договорів на вивезення побутових відходів, самовільно спалює ТПВ на присадибних ділянках, вивозить на несанкціоновані звалища. Інформація щодо обсягів збирання та перевезення відходів, одержана від органів місцевого самоврядування, суперечлива й низькоякісна, розрахунки кількості утворення відходів проводились за затвердженими нормами надання послуг із вивезення побутових відходів на розрахункову одиницю.

Група індикаторів «Санітарні вимоги – збирання відходів» містить три показники:

– охоплення населення послугою зі збирання відходів – кількісний показник, оцінювався шляхом інтерв'ювання фахівців житлово-комунального господарства у сфері поводження з відходами (близько 50%); має місце неповне охоплення населення, надання послуг із вивезення побутових відходів здійснюється нерівномірно в центральній частині міста й на околицях;

– кількість відходів, охоплених системою поводження з відходами, характеризує частку утворених відходів, які повністю охоплюються формальною системою поводження з відходами, коли відходи не втрачаються через нелегальне спалювання, захоронення або скидання на несанкціонованих сміттєзвалищах;

– якість послуг зі збирання відходів та очищення вулиць – якісний індикатор, оцінювався за 6 складниками: зовнішній вигляд місць збирання відходів, прибирання вулиць, ефективність збирання в районах із низьким рівнем доходу, транспортування відходів, доцільність планування й моніторингу послуг, здоров'я та безпека роботи працівників, які здійснюють збирання відходів. На території міста є контейнерні майданчики, проте вони не обладнані відповідно до чинних норм, кількість майданчиків є недостатньою для забезпечення ефективного збирання, тимчасового зберігання та вивезення побутових відходів. Уздовж доріг поблизу контейнерних майданчиків може залишатися деяка кількість сміття. На околицях міста у приватній забудові повсюдним явищем є спалювання відходів населенням на присадибних ділянках, засмічення пустирів та інших прилеглих територій. Стан спеціально обладнаних транспортних засобів для вивезення побутових відходів характеризується значним ступенем зношеності, кількість сміттєвозів недостатня для вивезення побутових відходів з необхідною періодичністю. Належне планування й моніторинг послуг зі збирання та вивезення відходів не здійснюються. Виконується індивідуальний захист працівників сфери збирання та перевезення відходів – спецодяг, взуття тощо.

Група «Стан довкілля – перероблення та розміщення відходів» включає такі показники:

– контрольоване перероблення або розміщення – кількісний індикатор, який характеризується відношенням загальної кількості відходів, яка направляється на «контрольоване» місце поводження з відходами, до загальної кількості відходів, які призначені на перероблення чи розміщення. Оскільки всі ТПВ, що збираються в м. Дергачі, спрямовуються на Дергачівський полігон, то його можна вважати «контрольованим» об'єктом поводження з відходами зі значенням індикатора як 100%;

– ступінь охорони навколишнього середовища під час оброблення та розміщення відходів – якісний індикатор, який оцінювали за 5 складниками: ступінь контролю за прийманням відходів і загальне управління об'єктом, обробленням і видаленням відходів, моніторинг і перевірка екологічного контролю, рівень технічної компетентності у сфері планування, управління та експлуатації оброблення й видалення відходів, охорона праці та безпека. Дергачівський полігон приймає відходи не тільки м. Дергачі та деяких сусідніх селищ, а й тверді побутові відходи м. Харкова. Полігон має огородження, пункт пропуску тощо. Під'їзд до полігону належної ширини та вантажопідйомності, при виїзді з полігону здійснюється дезінфекція коліс транспортних засобів. Відходи, що доставляються на полігон, зважують, реєструють, ущільнюють з використанням спеціальної техніки, для пересипання шарів ТПВ використовується ізоляційний матеріал. На полігоні наявна система збирання та відведення фільтрату. Нова черга полігону відповідає нормам чинного екологічного законодавства, проведено ОВНС, є дозвільні документи на будівництво та провадження відповідної діяльності тощо. На території полігону розпочато будівництво сміттєпереробного комплексу, здійснюється використання засобів індивідуального захисту, проведення медичних оглядів тощо.

Група «Ресурсна цінність – зниження кількості відходів, повторне використання, перероблення» оцінюється за такими показниками:

– ступінь перероблення ТПВ – частка ТПВ, що переробляються, від загальної кількості утворених ТПВ. За офіційними даними, ступінь перероблення ТПВ у м. Дергачі становить менше ніж 1%. Неофіційний сектор перероблення вкрай важко підлягає оцінюванню через відсутність інформації та методів вивчення;

– забезпечення зниження кількості відходів повторного використання та перероблення – комплексний показник, що складається з таких елементів: роздільне збирання «сухої» фракції вторинної сировини, якість перероблених органічних матеріалів, орієнтація на верхні рівні ієрархії відходів, інтеграція спільноти й неформального сектору вторинної переробки у формальну систему управління відходами, захист навколишнього середовища під час здійснення перероблення відходів, охорона праці та безпека працівників.

У м. Дергачі роздільне збирання відходів станом на 2016 рік не впроваджено. Офіційного роздільного збирання та перероблення органічного матеріалу немає, у деяких домогосподарствах приватного сектору здійснюється «домашнє компостування» органічного складника ТПВ. Необхідність досягнення вищих рівнів ієрархії методів поводження з відходами проголошується, проте практичних механізмів реалізації, цільових показників на рівні міста немає. У місті діє неформальний сектор збирання та перероблення відходів, проте взаємодії з офіційними структурами немає або вона відбувається несистематично, не ведеться обліку такої діяльності тощо. Офіційного перероблення відходів немає, відсутнє роздільне збирання небезпечних відходів у складі побутових, відходів електричного й електронного обладнання від населення. Має місце спалювання ТПВ на території приватних домогосподарств для зменшення кількості відходів. Захист здоров'я залучених працівників є несистематичним через нерозвиненість системи перероблення відходів.

Група «Залученість реклами» включала оцінювання двох якісних індикаторів:

– залученість користувачів послуг – рівень доступу користувачів (тобто домашні господарства, установи, організації та інші джерела утворення ТПВ) до послуг з вивезення, перероблення, видалення відходів, а також до планування і здійснення послуг. Складається з таких індикаторів: справедливість у наданні послуг, право бути почутим, рівень участі громадськості, механізми зворотного зв'язку з громадськістю, громадська освіта й інформованість, ефективність у досягненні змін моделей поведінки.

За національним законодавством, в Україні діє механізм проведення публічних слухань, громадських обговорень, об'єднання громадян у громадські організації тощо [7; 8; 9], що свідчить про існування можливості участі громадськості в прийнятті рішень. Проводяться публічні слухання, відкриті обговорення в тому числі у сфері поводження з відходами. Так, під час розроблення проектної документації щодо будівництва другої черги Дергачівського полігону ТПВ проведені публічні слухання із залученням мешканців району. Підвищення екологічної обізнаності систематично не здійснюється, екологічні інформаційні кампанії у сфері поводження з відходами не проводяться або проводяться несистематично (в соціальній мережі Facebook на офіційній сторінці районної державної адміністрації публікується інформація про екологічні заходи за участі громадськості або співробітників органів місцевої влади). Схема санітарного очищення не опублікована. Заходи, спрямовані на зміну в поведінці населення щодо поводження з відходами, не проводяться (за винятком кампанії щодо укладання договорів на вивезення побутових відходів);

– залученість постачальників послуг – ступінь залучення постачальників послуг (у т. ч. формаль-

ного приватного, комунального та неформального секторів) у сферу поводження з ТПВ до планування й реалізації заходів щодо здійснення операцій з відходами. Оцінювався за такими складниками: наявність правових меж, представництво приватного сектору, роль «неофіційного» та громадського секторів, баланс інтересів приватного та громадського сектора в наданні послуг, тендерні процедури.

У сфері надання послуг із вивезення побутових відходів діє низка нормативно-правових актів як на національному, так і на місцевому рівнях, які, зокрема, забезпечують існування надійного механізму їх реалізації [10]. Приватний сектор у цій сфері в м. Дергачі представлений недостатньо, послуги надаються комунальним підприємством, організований «неформальний» сектор у межах офіційної системи поводження з відходами не визнається, не обліковується та не залучається місцевими органами влади до співпраці.

Індикатор «Фінансова стійкість» розраховувався за такими даними: облік витрат, покриття витрат із бюджету, платежі від домашніх господарств, прийнятність плати для споживачів, ціни на видалення відходів, доступність інвестування. Розрахунки тарифів на поводження з побутовими відходами погоджуються місцевими органами влади. З бюджетів різних рівнів покриваються поточні операційні витрати на здійснення операцій зі збирання, перевезення та видалення відходів, що не є достатнім для вдосконалення обладнання, підвищення якості послуг тощо. Домашні господарства прагнуть не укладати договори на вивезення відходів, існує заборгованість із перерахування плати від населення й підприємств, установ, організацій – джерел утворення ТПВ. У м. Дергачі, як і загалом по країні, існує механізм субсидіювання найбідніших верств населення, коли витрати покриваються державою.

Група показників «Наявність ефективних інституцій, проактивна політика» складається з двох якісних індикаторів:

– національне законодавство у сфері поводження з відходами оцінювалось за такими індикаторами: законодавство й нормативні акти; стратегія, політика, керівні принципи та процедури впровадження; національна установа, відповідальна за реалізацію політики управління відходами; контроль за дотриманням нормативних вимог; запровадження принципу розширеної відповідальності виробника.

У країні діють численні закони та підзаконні акти, нормативні документи у сфері поводження з відходами, проте майже відсутні цільові показники, чіткі механізми впровадження деяких вимог, особливо на локальних рівнях. Розроблена національна стратегія поводження з побутовими відходами, яка передбачає створення низки керівних документів для реалізації її основних положень. Сфера поводження з побутовими відходами належить до компетенції кількох органів влади, серед яких найбільш значущими є Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України й Міністерство екології та природних ресурсів України. Схема розширеної відповідальності виробника не впроваджена (необхідність її впровадження визначена в Національній стратегії управління відходами в Україні до 2030 року [11]);

– місцева інституційна узгодженість складається з таких індикаторів: організаційна структура/когерентність, інституційна спроможність, міська стратегія та план управління ТПВ, наявність і якість даних щодо ТПВ, управління, контроль і нагляд за наданням послуг, міжмуніципальне (або регіональне) співробітництво. На рівні міста (і району) немає стратегії та плану управління ТПВ, цільові показники не встановлені, ефективної системи управління інформацією в сфері поводження з відходами немає, якість даних низька, існують розбіжності між однаковими даними, одержаними з різних джерел, вимірювання показників проводиться на основі обсягу відходів. Міжмуніципальне співробітництво розвинене недостатньо.

Результати оцінювання системи поводження з ТПВ в м. Дергачі подано в таблиці 1.

Головні висновки. Отже, результати оцінювання системи управління та поводження з ТПВ в м. Дергачі (рис. 1) показують, що найбільш проблемними в цій сфері є перероблення ТПВ, фінансова стійкість та узгодженість між місцевими інституціями. Потребують значної уваги також питання участі різних груп стейкхолдерів у вирішенні питань, пов'язаних з управлінням побутовими відходами.

Запропонована методологія протестована авторами в багатьох містах світу з різним рівнем доходів громадян, розвитку й упровадження технологій поводження з відходами тощо.

На рис. 2 подано порівняльне оцінювання результатів аналізу системи поводження з відходами в м. Дергачі й містах із доходами, нижчими за середній, вищими за середній і з високим рівнями.

Загалом для міст, що порівнюються, характерні більш високі значення фізичних компонентів системи поводження з відходами та більш низькі – компонентів системи управління.

Для всіх порівнюваних міст характерне нижче, порівняно з іншими показниками, значення перероблення відходів, що визначає пріоритетність цього напряму, особливо в досягненні вищих показників поводження з відходами. Для м. Белфаст, який має найвищий рівень доходів на душу населення, характерні вищі показники за всіма показниками індикаторів.

Система поводження з відходами в м. Дергачі потребує суттєвого вдосконалення з урахуванням виявлених недоліків і вимог чинного законодавства.

Апробація методики оцінювання системи поводження з відходами для населених пунктів продемонструвала можливість її використання для оцінювання міст з різним рівнем добробуту, кількістю населення, структурою системи поводження з відходами тощо.

Таблиця 1

Результати оцінювання системи поводження з відходами в м. Дергачі

Загальна інформація про місто						
Місто		Дергачі				
Країна		Україна				
1	Категорія країни за рівнем доходів	Категорія доходів за даними Світового банку		Валовий національний дохідна душу населення		
		Доходи нижчі за середній рівень, $/душу населення		*2660*		
2	Населення	Загальна кількість міського населення		*19618*		
3	Утворення відходів	Загальна кількість утворення відходів (т/рік)		*5658*		
4	Категорія	Дані/Індикатор		Результати	Кольоровий код	
Ключові дані щодо системи поводження з відходами						
1	ТПВ на душу населення	ТПВ на душу населення	кг/рік	*288,4*	-	-
			кг/день	*0,79*	-	-
2	Морфологічний склад відходів	% за вагою від загально кількості відходів				
2.1	Органічні відходи	Органічні відходи	*24%*	-	-	
2.2	Папір	Папір	*6%*	-	-	
2.3	Полімери	Полімери	*17%*	-	-	
2.4	Метали	Метали	*2%*	-	-	
2.5	Щільність ТПВ	Щільність ТПВ	*140 кг/м³*			
Компоненти фізичної системи						
	Громадське здоров'я – Збирання відходів	1.1. Охоплення збиранням відходів		*50% Низький/ Середній*		
		1.2. Відходи, охоплені системою управління та перероблення		*50% Низький/ Середній*		
C		Якість послуг зі збирання відходів та очищення вулиць		*33% Низький*		
E	Стан довкілля – перероблення та розміщення відходів	Контрольоване перероблення або розміщення		*100% Високий*		
		Ступінь охорони навколишнього середовища під час оброблення та розміщення відходів		*75% Середній/ Високий*		
R	Ресурсна цінність – зниження кількості відходів, повторне використання, перероблення	Ступінь перероблення ТПВ		*0% Низький*		
		Якість забезпечення зниження кількості відходів, повторного використання, перероблення		*13% Низький*		
Компоненти системи управління						
U	Залученість акторів	Залученість користувачів послуг		*29% Низький/ Середній*		
P		Залученість постачальників послуг		*50% Низький / Середній*		
F	Фінансова стійкість	Фінансова стійкість		*63 % Середній/ Високий*		
N	Наявність ефективних інституцій, проактивна політика	Національне законодавство у сфері поводження з відходами		*42% Середній*		
L		Місцева інституційна узгодженість		*17% Низький*		

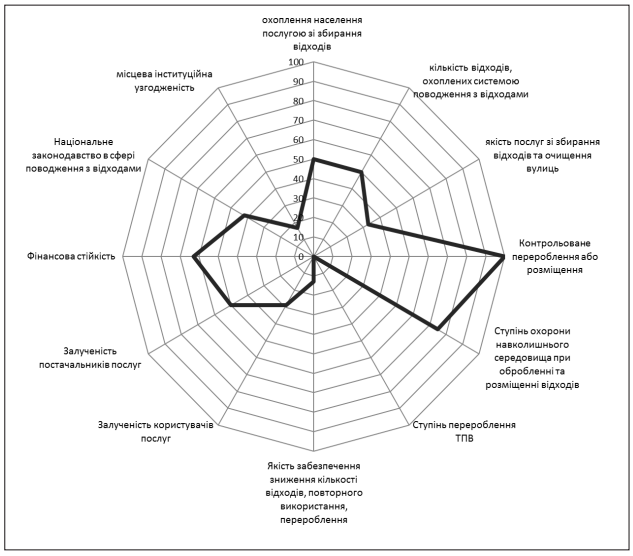


Рис. 1. Результати оцінювання системи управління та поводження з ТПВ в м. Дергачі Харківської області

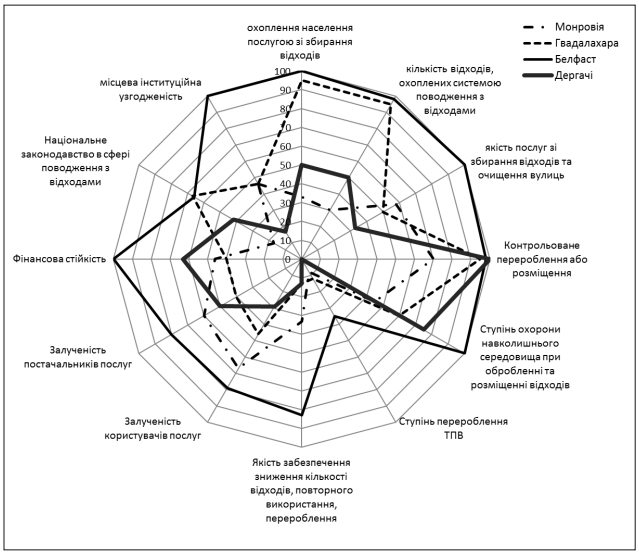


Рис. 2. Порівняльне оцінювання результатів аналізу системи поводження з відходами в м. Дергачі та містах світу [5]

Проведення такого аналізу для низки населених пунктів України дасть змогу виконати їх класифікацію за рівнем розвитку системи поводження з відходами й типовими проблемами в цій сфері, розробити рекомендації щодо пріоритетних шляхів їх вирішення.

Одним із завдань проведення аналогічного оцінювання є підвищення обізнаності стейкхолдерів з питань розвитку місцевих систем поводження з побутовими відходами для прийняття зважених та обґрунтованих рішень у цій галузі.

Література

1. Іщенко В.А. Дорожня карта впровадження оптимального сценарію поводження з ТПВ у малих містах України. Вісник ЛДУ БЖД. 2014. № 9. С. 137–142.
2. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2016 рік. Офіційний сайт Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. URL: http://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sferi-povodzhennya-z-pobutovimi-vidhodami-v-ukrayini-za-2016-rik/ (дата звернення: 18.12.2017).
3. Дудар І.Н. Діагностика стану системи поводження з твердими побутовими відходами. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2017. № 21 (2). С. 41–49.
4. ScheinbergA., Wilson D.C., Rodic L. Solid Waste Managementinthe World's Cities. Thirdeditionin UN-Habitat's Stateof Water and Sanitation inthe World's Cities Series. London and Washington DC: Earthscan for UN-Habitat, 2010. 257 p.
5. Wilson D.C., Rodic L., Cowing M.J. et al. 'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. Waste Management. 2015. Vol. 35. P. 329–342. doi: 10.1016/j.wasman.2014.10.006.
6. Wilson D.C., Rodic L., Cowing M.J. et al. User Manual for Wasteaware ISWM Benchmark Indicators. Supporting information to Wilson D.C. et al., 2014. doi: 10.1016/j.wasman.2014.10.006.
7. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. URL: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2059-19 (дата звернення: 18.12.2017).
8. Положення про участь громадськості у прийнятті рішень у сфері охорони довкілля: Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 18.12.2003 № 168. Офіційний вісник України. 2004. № 6. Ст. 357.
9. Про громадські об'єднання: Закон України від 22.03.2012 № 4572-VI. Дата оновлення: 23.03.2017. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/4572-17 (дата звернення: 18.12.2017).
10. Правила надання послуг з вивезення побутових відходів: Постанова Кабінету Міністрів України від 10.12.2008 № 1070. Офіційний вісник України. 2008. № 95. Ст. 3138.
11. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 № 820-р. Офіційний вісник України. 2017. № 94. Ст. 2859.

UDC 502.5:654.924.5

ECOLOGY ACCIDENTS PROTECTION AS EFFECTIVE FIRE-FIGHTING AND EXPLOSIVE PREVENTION OF PORT'S CONTAINER'S TERMINALS IN ACCORDANCE OF ANALYZE OF FIRE-EXPLOSIVE-TOXICALLY CATASTROPHE AT SEA-PORT AT TIANJIN-TOWN

Zakhmatov V.D., Bondar O.I.
State Ecology Academy of Postgraduate Education and Management
Metropolitan Vasily Lipkovsky str., 35, 03035, Kiev
zet.pulse@gmail.com

The analysis of the causes, the development process of the catastrophic fire, including a series of subsequent explosions, is given. The reason of the failure of the extinguishing operation is open – low efficiency in localizing and extinguishing the fire, despite the dedicated work of more than 1,000 firefighters (21 fire brigades) with 150 power fire trucks. It is shown that the main reason for the rapid and large-scale development of the catastrophe was the low range and scale of the delivery of extinguishing agents; inflexible, slow change of modes of submission of agents; lack of technique for supply the gas-sprayed sand, inert dust, which became necessary to extinguish burning chemical-active materials, in compatible with water, foam in agents and powder are ineffective. A new modernization of impulse fire-equipment and automatic fire-extinguishing systems is proposed to localize and extinguish fires in terminals of containers, coal, oil, gas warehouses, cargo-berths. The modernization consists in additionally equip in the existing automatic fire-extinguishing systems in the ports at the launching sites with multi-barrels modules (MM) of volley spray in creating a parallel executive system of several MM place around the fire and explosion hazard site at distances from 50 to 200 m. This will make it possible to improve the efficiency of fire-extinguishing and to provide effective light and thermal protection and prolong the life of expensive start-up designs. The validity of the proposed project is confirmed by the results of the last successful demonstration tests of the MM system, placed in a semi-circle around the target and focused their volleys on one local, powerful fire. *Key words:* catastrophic fire, explosion, container's terminal, fire-extinguishing equipment, impulse delivery, fire-extinguishing gas-liquid flurry, fire-extinguishing gas-vortex, automatic extinguishing system, executive modules, multi-barrels modules, containers with fire-extinguishing compounds, cartridges with spray gun-powder charges.

Ефективний захист контейнерних терміналів порту від екологічних аварій, спричинених вибухонебезпечними засобами, на основі аналізу катастрофи в морському порту міста Тяньцзінь. Захматов В.Д., Бондар О.І. Проаналізовані причини та процес розвитку катастрофічної пожежі, а також вибухи, до яких вона призвела. Зазначено, що мета вогнегасних операцій не досягнута через низьку ефективність дій із локалізації та гасіння пожежі, незважаючи на самовіддану роботу понад 1 000 пожежних (21 пожежна бригада) та використання 150 пожежних машин. Показано, що основною причиною швидкого та масштабного розвитку катастрофи є вузький діапазон вогнегасних речовин; негнучкі, повільні зміни режимів подачі агентів; відсутність техніки для подачі пісків із газоподібним покриттям, інертного пилу, необхідного для гасіння спалювальних хімічно активних матеріалів. Модернізація імпульсної пожежної техніки й автоматичних систем пожежогасіння пропонується для локалізації та гасіння пожеж у контейнерних терміналах вантажних причалів із вугіллям, нафтою, газом. Модернізація полягає в додатковому обладнанні наявних автоматичних систем пожежогасіння мультимодулями для залпового реагування на виникнення пожежі і вибуху на відстані від 50 до 200 метрів. Це дозволить підвищити ефективність пожежогасіння та забезпечити ефективний світловий і тепловий захист, подовжити термін експлуатації дорогих пускових конструкцій. Актуальність запропонованого проекту підтверджена результатами останніх успішних демонстраційних випробувань системи мультимодулів зі спрямованою дією на джерело потужного вогню, розташованих навколо цілі. *Ключові слова:* катастрофічний пожежа, вибух, контейнерний термінал, устаткування пожежогасіння, імпульсна доставка, гасіння вогнегасною газовою рідиною, вогнегасниковий газовий вихор, автоматична система пожежогасіння, виконавчі модулі, багатошарові модулі, контейнери з вогнегасною системою з'єднання, патрони з наповненням пульверизатора.

Эффективная защита контейнерных терминалов порта от экологических аварий, вызванных взрывоопасными средствами, на основе анализа катастрофы в морском порту города Тяньцзинь. Захматов В.Д., Бондарь О.И. Проанализированы причины и процесс развития катастрофического пожара, а также взрывы, к которым он привел. Отмечено, что цель спасательных операций не достигнута из-за низкой эффективности действий по локализации и тушению пожара, несмотря на самоотверженную работу более 1 000 пожарных (21 пожарная бригада) и использование 150 пожарных машин. Отмечено, что основной причиной быстрого и масштабного развития катастрофы является узкий диапазон средств для тушения пожаров; негибкие, медленные изменения режимов подачи агентов; отсутствие техники для подачи песков с газообразным покрытием, инертной пыли, необходимой для борьбы с последствиями возгорания химически активных материалов. Модернизация импульсной пожарной техники и автоматических систем пожаротушения предлагается для локализации и тушения пожаров в контейнерных терминалах грузовых причалов с углем, нефтью, газом. Модернизация заключается в

дополнительном оборудовании имеющихся автоматических систем пожаротушения мультимодулями для залпового реагирования на возникновение пожара и взрыва на расстоянии от 50 до 200 метров. Это позволит повысить эффективность пожаротушения и обеспечить эффективную световую и тепловую защиту, продлить срок эксплуатации дорогих пусковых конструкций. Актуальность предложенного проекта подтверждена результатами последних успешных демонстрационных испытаний системы мультимодулей с направленным действием на источник мощного огня, расположенных вокруг цели. *Ключевые слова:* катастрофический пожар, взрыв, контейнерный терминал, оборудование пожаротушения, импульсная доставка, тушение огнетушащей газовой жидкостью, огнетушащий газовый вихрь, автоматическая система пожаротушения, исполнительные модули, многослойные модули, контейнеры с огнетушащей системой соединения, патроны с наполнением пульверизатора.

The world entered a period of regular industrial catastrophes to prevent which is almost impossible. The saturation of large industrial facilities in hundreds and thousands of tons of fire-explosive and toxic substances has exceeded the critical limits controlled by traditional fire-fighting technique. The various execiting devices for automatic systems, extinguishers, Fire-machines are ineffective for the protection of modern chemical and oil and gas enterprises, tank farms, port terminals, does not guarantee the prevention of the development of fires, arson in a catastrophe. The main reasons are: low intensivity, scale, area of extinguishing jet's front when spray extinguishing agents. There are need for a qualitatively new technique of rapid localization and elimination of the consequences of accidents – first fires of the most destructive consequences of almost any large sea-ports, energy and industry objects [1].

On the night of 12 August, 2015 year in the container terminal at one of the largest seaports in China (Tianjin), containers with explosive-able, chemical substances (EaCS) caught fire and two powerful explosions with TNT equivalent of 3 tons and 21 tons occurred (Fig. 1a). The metro station and a number of buildings in the radius of 1–1. 5 km were destroyed, within a radius of 2–3 km all windows were completely knocked out, 2 400 cars were parked outside the shock wave's destroyed zone, but the cars were burned by strong radiation from great Fire-Ball, created by second Explosion; 112 people were killed, more than 1 100 people were injured, 720 were hospitalized, 66 of them were seriously injured, 95 were missing, over 50 fireman's died. Losses amounted to several billion dollars – hundreds of burned containers, thousands damaged by explosions (Fig. 1b), a simple port – the disruption of many contracts, the evacuation of tens of thousands of residents [2].

The development of the consequences of the first two explosions could not be quickly localized and eliminated, despite the fact that the maximum possible forces for the city of Tianjin were 21 fire brigades with 150 vehicles. Due to the presence of explosive and active chemicals in containers, it was impossible to extinguish traditionally by supplying large masses of water and foam with compact and sprayed jets. The possibilities for effective quenching were limited only by remote and intensive feeding of sand, inert dusts, in combination with high-precision supply of finely-dispersed water and gels to high-temperature areas – the most powerful sources of re-ignition. Fire trucks for intensive water supply and foam were idle. Firefighters were forced to throw sand in a highly toxic environment, as there are no fire trucks that supply sand and inert dust to extinguish fires of active chemicals that explode on contact with water or burning materials with unknown chemical composition. Strong toxicity up to 8–10 times higher than the norm did not give an opportunity to work as a fireman. Then 214 military chemical specialists worked with biochemical and nuclear substances from the chemical industries of the People's Republic of China, but they did not have the experience and technology to extinguish complex, explosive fires. Repeated ignitions began on August 15 and local fires in the epicenter of the disaster burned until the active materials were completely burned out of containers [2, 3].

Analysis of operations to extinguish fires and prevent explosions in chemical and oil and gas facilities over the past decades has shown the low efficiency of modern samples of powerful water supply systems with an intensity of up to 330–500 liters per second for knocking out the flame fires of gas jets and oil bottles to preserve expensive technological equipment, tanks and , the main thing is to prevent their explosions, which is most conducive to spreading the fire and turning it into a catastrophic fire. Even when the system of powerful fire barrels, the rate of supply of 100 liters / sec and more (water cannons) literally spew water falls – still does not provide timely and effective quenching. Firefighters "water cannons" are inertial – it takes several minutes from switching on before starting the water supply and reaching the maximum feed rate [4, 5].

Currently, political tensions and local military actions in Ukraine remain a high probability of terrorist acts and sabotage at enterprises of Ukraine and Russia, primarily in the storage and use of fire-explosive-dangerous, toxic, radioactive products and materials, including storage terminals and loading docks in sea and river ports, technological installations, lines and warehouses at chemical and gas-oil objects, etc. For example, as a result of artillery shelling and subsequent fire of industrial enterprises of the Donetsk – Lugansk region, toxic, radioactive emissions and smoke can almost freely spread to the territory of most of this region and the border regions of Russia by airflows [6, 7].

The low efficiency of traditional firefighting equipment and TSA executive systems was revealed in the 1980s. Therefore, the fuel and energy complex, the chemical industry, including terminals and warehouses in ports and railway stations, was financed during the period 1982–1991. Right up to the collapse of the USSR research into the creation of new fire engines and executive

subsystems of the TSA with high parameters for range and squaring area. The latter is mainly determined by the area of the front of the extinguishing jet and the ability of the operator to control the spray of the extinguishing agent (EA) [8, 9].

The author offers new OS delivery systems and executive systems consisting of pulsed-spray devices and multi-module pulsed, fine-dispersed, universal, flexibly controlled spraying of various fire-extinguishing agents: liquids, gels, powders, gases, and, for the first time, natural materials: sand, dust, capable of providing quenching of chemically active materials. In addition, the new technology can spray sea salt water and cloudy water, unfiltered from any sources, quickly disabling pumps of traditional fire trucks and ships [10].

The current state of the problem. The experience of liquidation of industrial accidents in peacetime has shown the low efficiency of modern, fire equipment, even its best American and European models. In the modern period of technical development, the most effective system for protecting automated ports, for example, in Qingdao, China, new sections of the port in St. Petersburg, industrial enterprises are automatic fire extinguishing systems (TSA). However, modern executive modules for TSA are very expensive, complex, require long-term installation, commissioning; highly qualified personnel for service. Therefore, even the most expensive and perfect TSA and fire engines produced in Germany, Austria, the US are not able to effectively eliminate the consequences of sabotage, explosions – to prevent their transition to secondary explosions and catastrophic fires. Electronic blocks of TSA are quite perfect and unified in different countries. The speed and efficiency of the systems is determined by the executive part, consisting of pipelines, large, heavy, metal-intensive high-pressure tanks, powerful pumps.

Industrial accidents suddenly arise, due to the direct hit of a rocket, projectile, subversive or terrorist explosion. Another cause of the catastrophe is hidden damage, apparatus, pipelines and machinery, due to the destructive impact of the shock wave, the debris is a delayed accident that can occur suddenly in months and years for no apparent reason, for example during repair or disposal.

Necessary and urgent measures to ensure the safety of fire-explosive-toxic-hazardous facilities in Russia from potential diversions that cause man – made accidents, which cannot be eliminated in time with the help of traditional technology. Therefore, the only possible way to quickly equip potentially dangerous objects of TSA with a cheap, simple, easily and quickly mounted executive part consisting of multi-barrel modules of volley spraying of extinguishing, explosion-preventing, heat-lightning, and localizing agents is proposed.

Previous application. Since the early 80s of the last century, a number of multi-barreled MM modules on biaxial carriages and runners have been developed proactively and then within the framework of state military and economic programs. These MM were created, manufactured in large quantities and have been sufficiently tested at landfills and in a number of operations to eliminate the various consequences of accidents and disasters. The first 4-barrel module (MM-4) was manufactured at the Moscow Higher Engineering Technical School of the Ministry of Internal Affairs of the USSR and successfully tested at a training ground near Moscow, under the author's scientific guidance in April 1981. In September 1982. MM-8 on runners (Fig. 2b), made according to sketches and under the guidance of the author during the day in the repair shop of Kiev regiment of Civil Defense. As the barrels used oxygen 200 liters cylinders with an cuted bottom. The hemispherical head of cylinders with a vent hole was used as a loading chamber into which a spray cartridge with a charge of gunpowder was laid. Within the framework of the demonstration part of the All-Union Collections Civil Defense, MM-8 successfully extinguished a pile of wood from a distance of 50 m at the Civil Defense training ground in Koncha-Zaspa in 2 seconds. In Fig.1 shows a full volley of 8-barrel pulse-pulverize 120 kg of extinguishing powder (EP) in the form of a gas-powder vortex with a range up to 60m, with a shock front expanding from 1m to 8m in width and in height from 0,5 m to 3 m. The front of the vortex has covered an area of up to 350 m^2 in the form of an elongated longitudinal section of the drop along its trajectory [7].

The only competitor at that time and still single-barreled, pneumatic-pulse-pulverizing installation on the skid (Fig. 1a), designed by Prof. Abduragimov I., associate professor Makarov V. pulse-pulverizing of 200 kg of fire extinguishing powder (EP), with a small muzzle velocity and not more than 15–20 m. Therefore, it is able to extinguish only low-pressure gas fountains from a distance of up to 10 m in a hard-to-reach zone along heat fluxes and flame tongues. It's export to the position of hard-labor and dangerous. The level of the pullback force is greater than the rollback at a salvo ejection of the same mass from several barrels by 20–35% [8].

In May – July 1986, up to thirty MM-9 and two MM-16 were manufactured at the pilot plants of the Research Institute of the Academy of Sciences and the Arsenal-2 military repair plant. MM from this batch was effectively used in the Chernobyl zone as the executive modules of the TSA, quickly put on the position and put into standby waiting mode. They protected transformer stations near the destructed building of the reactor's 4-unit and sections of the 3–4th blocks [6].

In May – June 1989. MM-8, MM-9, MM-25 were successfully used for multiple extinguishing attacks from a distance of 50–100 m along a burning "bush" of 14 Oil wells at area of Oil Rocks in the Caspian Sea. MM on the two-axle carriage carried on the wide, aft deck of the emergency ship, and then on one side of the high deck of the Finnish crane in a row in the adjacent compartments. The directory sights of the barrel packs had a certain convergence angle so that the vortices formed by neighboring MMs converged at a distance to 80–100 m, which made it possible to achieve the maximum quenching efficiency

when a powerful, turbulent total fountain of fire was shot from a distance relatively safe by thermal radiation from a burning fire bush. A volley of 40 barrels created a powerful squall with a range of up to 140 m, a front width of up to 20 m, a height of up to 5 m. The ship with deck MM quickly and reliably knocked down the flames, ensuring the landing of workers on the deck of the platform to block wells and insuring people against re-ignition. The PMMM worked synchronously with the ship's, water trunks of the firefighters of the Kaipiisko-Volzhskaya flotilla, considerably exceeding their total effect on the range and scale of the fire-extinguishing flurry [9, 10].

In the period up to several days of preparation of the next fire-extinguishing attack (the MM itself was recharged per hour), MM were effectively used to localize oil spills from the emergency platform by large-scale spraying of sorbents – peat chips on the filling film. MM on the decks (Fig. 2c). Rescue and fire ships stationed only in large ports will ensure rapid localization and neutralization of large oil bottles with the most efficient use of bio-sorbent with a specified specific consumption of 10–100 g/m^2. For example, a volley from 5 barrels per 1sec evenly sprayed 7,5 kg of bio-sorbent pellets over an area of 450 m^2 (Fig. 2c). When bottling oil products on rivers, as was the case with an accident at the Ufa Refinery – bottling along the Belaya River, these bottles can be liquidated by spraying the sorbent from mobile MM from the river sides (banks) [8, 13].

A powerful and long-range 9-barrel module on a biaxial carriage (Fig. 3a) sprays a volley from all the trunks up to 180 kg of EP for a range of up to 90 m with an extinguishing area of up to 500 m^2. We developed even more powerful non-range spraying systems, and in the number of 8–10 barrels, for example, a 25-barrel MM, spraying volleys of 8–9 barrels of 120–135 kg EP for a range of up to 60–70 m and extinguishing up to 350–400 m^2 for volley, in the sum up to 1 200 m^2 at volleys with large intervals and up to 2 500 m^2 at volley with intervals of up to 3–5 sec. A more simple 30-barrel recoilless MM with (removable) barrels of 152 mm cartridges was created and successfully tested. It was sprayed with volleys from 5–6 barrels at 75–90 kg OP for a range up to 40–45 m and extinguished to 150–200 m^2 for a volley [6, 7].

Within the framework of the project, with China, the new design of the fixed, stationary, designed for mounting on a baffle with a biaxial or ship deck, a vessel, a tanker was developed, taking into account the identified shortcomings in testing the above-described structures. For the first time, sealed containers have been developed for fast reloading of the barrels (Fig. 4a) for water, liquid, gels. Containers are strong enough for transportation, overloading and loading, long stored, quickly and conveniently loaded into the barrel bore. Containers are easily destroyed by a propulsive wave of propellant gases into small, light fragments that do not have a damaging effect and fly beyond the trunk not further than 10 m. Spray charges are manufactured in the most convenient and safe for charging option – metal cartridges with an electro-capsule, based on the cartridges manufactured industrially in China. The last stage of the tests showed that 2 times higher values were achieved than on the above-described structures. For example, 60 liters of water were volley-shot-sprayed from the 3barrels, creating a flurry that flew to a range of L = 70 m (Fig. 4b) and created a trace along the spray trajectory with respect to the uniformly sputtered water (determined by the appearance of the track and the time it dried). The width of the track is from 2 to 8 m, the total area is S = 300 – 350 m^2, which, with a certain approximation of + –10–20% [13] (based on the analysis of previous experiments) can be equated to the quenching area.

A full-scale experiment on the volley-spraying of 200 kg of powder with a volley of 9–10 barrels created a gas-powder vortex flying at a range up to L = 240 m and along the flight path, creating a band of increasing width from 1,5 m to 20 m with a relatively uniform coverage of the area to S = 1200–1500 m^2, potentially an area of effective extinguishing. This is confirmed by the fact that the large 10 x 3 x 2 m model fire of class A has been extinguished from a distance of 150 m in 1,5 sec., while a powerful gas-powder vortex literally penetrated the source and traveled to a distance of L1 = 230 m. Subsequent with an interval of 10 sec., two volleys of 10barrels from other modules MM-20 and MM-30 have already passed through the extinguished focus, with the range of spraying L2 = 220 m and L3 = 240 m.

Sufficiently convincing demonstration tests were carried out in December 2014 to demonstrate the possibilities of the total operation of the three MM subsystem to create multiple protection of the dangerous area with a series of three volleys with intervals of 5 sec.: MM – 20-first volley from the distance L1 = 150 m; MM-30 – second volley with distance L2 = 140 m; MM-9 – the third volley from the distance L3 = 125 m (Fig. 5). The focal point of the model from the distance L1 = 150 m was again extinguished by the first volley, the subsequent two volleys demonstrated a technically not complicated and not expensive real possibility of multiple, reliable, trouble-free; programmable and flexibly controlled protection of a given hazardous area. Protection can be a combined series of three volleys: 1 – extinguishing powder, most long-range blow flame & smoke, inhibiting fumes of fuel + 2 – spraying water or wet sand destroying and cooling the char, high temperature burning surface + 3 – gel, spraying an adhesive film – insulating from access to heat flow and oxygen – programmable spraying of various ES by serial of volleys at predetermined intervals.

Special containers for spraying liquids are designed and manufactured only in China. In this case, the difficulty in creating the container consisted in the real possibility only of an experimental selection of the thickness of the polyethylene container wall, in order to determine the approximate optimal combination of uniform destruction of the container under the influence of a "soft-impact" wave of powder gases in the barrel channel and sufficient strength of the container for long-term storage, transportation,

reloading. On the basis of a standard cartridges with an electro-capsule sleeve, a production of a spray charge is created, more powerful, stable and reliable, in comparison with the previous charge, on the basis of a nonstandard cardboard sleeve and pyro-igniter. In China, you can order containers and spray cartridges, high quality and long-term storage.

These containers are suitable for the first time for highly effective, spraying a wide range of extinguishing agents: liquids, gels powders and natural environmentally friendly materials – sand, ground, dust, water, dirty. This allows for the combined, effective extinguishing of all classes of fires and multi-faceted protection: localization and deactivation of toxic emissions and spills of oil and petroleum products, for example, by spraying microbiological preparations in the form of sorbents or living cultures of various types of action for the biological destruction of oil and oil contamination, for 3–10 years, biological remediation, restoration, reclamation of disturbed ecosystems.

In 1986, in the Chernobyl Zone, the technology of localization of radioactive dust on various surfaces, first of all on hard-to-reach ones, has been worked out. The real possibility of precipitation of radioactive and toxic clouds in the first period after their release from emergency technological devices, reactors, tanks, pipelines is shown. This is the first time that allows creating an effective technology to prevent the release of active, hazardous emissions outside the industrial site of the plant and nuclear power plants. A real reliable automated system for preventing accidents of the 7-category with the help of an executive subsystem of MM, placed around a potentially dangerous object and capable of providing a multi-localized localizing effect by a series of gas-water squalls – precipitation and then gas-gel sticky squalls to fix radioactive dust on a local site, which greatly facilitates its subsequent disposal – loading into containers and removal to cemeteries.

MM stationary or MM on the carriage (trailer) for mounting on the industrial site of chemical and gas-oil refineries, reservoir parks around the most fire-explosive-dangerous technological installations, buildings, structures. MM-trailers executive part extinguishing automatic system of suppression of fires and fires, prevention of explosion of leakage of vapors, gases; installation of light and heat shielding curtains to ensure the evacuation of the facility's personnel. Experimental installations – 7, 8, 9, 10, 25 bar were made on the basis of 2-axle trays, mine carriages, trailers, sleds and effectively tested in the Chernobyl zone, in mines, a burning aircraft on the runway, etc. The simplest in production and mounting on the protected object, but the high-performance monolithic design of the MM (Fig. 2a) is safe, since it successfully extinguishes the powerful return of the volley of the shafts by a small pullback of the installation for 1–3 m at least.

MM-trailer does not require servicing except for monitoring by the standard device with a low-current impulse of the integrity of the initiating circuit. Once a year for the control can shoot back 1–2 barrels, if the spraying is normal, it is allowed to recharge only these barrels. The qualitative assembly of containers with ES and spray cartridges with proper loading can guarantee trouble-free operation of the MM for up to 5–10 years of standby. Ammunition traditional keep suitability up to 15–20 years. Fire extinguishing containers, equipped with viscous, frost-resistant gels or powders, spray powder charges can be eventually brought to the same level of reliability. The big advantage of the MM– trailer is that, in case of an emergency, the modules can be quickly placed around a hazardous area.

The MM volleys create vortices with a wide, shock front that rapidly and scale destroy and cool the combustion zone, preventing destructive explosions. The whirly & Squalls extinguish from distances up to 200 m, in areas of 1 000 m^2 and more in 1–2 sec. volley and 30–60 sec. with a series of sprays – a shot or volleys. MM can be used in automatic fire extinguishing systems as executive elements on trailers and carriage carriers in order to create or reinforce extinguishing systems around different stacks of containers in a timely manner as the situation in the warehouse changes.

Algorithms of programs for the order of the triggering of lines and groups of MM are compiled during the study of the patterns of combustion on the protected objects, the dynamics of possible fire development options depending on a number of factors – technological lines and their operation modes; variants of disconnection of the main raw-material and energy lines, separate apparatuses, ventilation, etc. Study of the ways of occurrence and development of fires differentially in different protected areas will allow to determine the optimal extinguishing tactics – the order (algorithms) of the triggering of groups and individual MMs. The effectiveness of management of the executive subsystem MM is determined by the ease of reconfiguration of the quenching algorithm and correction of control programs, depending on the change in the current parameters of the protected objects. This is especially true when extinguishing arsons affecting the main, technological lines, changes in the operating modes of which, associated with fire and extinguishing, must be quickly associated with the state of the object as a whole.

The use of MM for the first time in the practice of automatic quenching systems makes it possible to obtain the correspondence of the time scales of the set of successive processes: fixing the stage of development of a fire (arson), processing information, making decisions and effectively implementing them. This means the possibility of timely extinguishing during various arson attacks. The correspondence of the times of decision-making, their implementation, control and correction of subsequent impacts is the main condition for the effective use of automatically, extinguishing systems. MM stand on the same quality level with sensors, analog and command blocks of modern automatically, extinguishing systems, and therefore for the first time can extinguish arson and rapidly developing fires. Versatility of automatically,

extinguishing systems designs is provided due to different layout of typical, interchangeable MM, for example MM-9 – the best module for today, and typical electronic units interacting in a single functional scheme.

The reliability, speed of the system, reduction in the probability of false triggering is achieved by the following ways: increasing the resistance of sensors to interference due to the optimal structure of the sensor network, their duplication or the introduction of a subsystem that distinguishes interference from fires; the use of sensors operating according to logical schemes that confirm the reliability of the occurrence of a fire; use of centralized collection of information on changes in the parameters of the state of the object and its environment. The speed and quality of MM volley extinguishing, volume explosive prevention, localization and eliminate the Oil-spreads at water and seaside compensates for the loss of time for the reliability analysis of the sensor network.

Economically of automatically system modernization is achieved by the universality and cheapness of MM, their inclusion into an existing automatically system or object management system, the use of standard nodes and devices, simple maintenance, the implementation of trial launches without processing the protected object with a fire extinguishing agent; ensuring the safe evacuation of the facility's personnel from the emergency rooms and the safety of materials and equipment with the minimum necessary vortex quenching, volume explosive prevention, localization and eliminate the Oil-spreads at water and seaside. The proposed modernization of the TSA in quality is superior to other possible options, therefore it is the MM that is promising for rapid, enhanced protection of ports, chemical, gas-oil, nuclear power plants, oil and gas, military enterprises and facilities.

As a result of these studies in the USSR, Russia, Ukraine, China, the results obtained are extremely topical for carrying out operations to eliminate the emergency-dangerous consequences of rocket and artillery shelling of chemical and radiation facilities in the territory of the Donetsk – Lugansk region. It way of ensuring the safety of industrial and energy facilities in China are actually possible and real realize the quickest and cheapest way – produce MM and special fire-extinguishing ammunition for them in China and equipping them with existing safety extinguishing system at potentially hazardous facilities or creating on their basis new inexpensive systems for eliminating the consequences of sabotage. Unfortunately the creation of MM production and fire extinguishing ammunition for them in Ukraine requires significant, organizational efforts to allocate large financing and organization of production in the defense industry plants – now it's real, despite of it's only single way for protect ammunition depots, energy, chemical, Oli-Gas objects and river-sea-ports at Ukraine now. Protection of the most dangerous region of the Ukraine requires a detailed survey of all potentially hazardous facilities for the development of a specific rehabilitation program with the prevention and rapid elimination of the consequences of possible environmental disasters.

The offered essentially new executive subsystem for automatically systems on the basis of MM is highly effective, safe, universal, qualitatively superior to the best in the world fire-saving automatically systems and machines:

– the cost of fire extinguishing compounds is 10–100 times lower, which makes it possible to extinguish autonomously – only the ES reserve in MM barrels;

– flexible and simple adjustment of the type, power and scale of the impact;

– increasing in proportion to the number of volley-firing trunks, modules without reducing reliability and effectiveness of the impact;

– low cost of production and service;

– environmentally friendly quenching and provision of evacuation;

– the small size of high pressure vessels, the life time of high pressure of 0,05 sec., the 10-fold safety margin of public parts of the trunks – summary practically excludes their rupture, ensuring safety of work;

– simple design – no gas cylinders, compressors, pumps, reservoirs and pipelines, hazardous containers with long high pressure, supply hoses ES – provides high process ability and low cost of mass production, simple repairs and maintenance;

– maintenance of a stationary MM requires only the control of an initiation trigger;

– reliable and stable spraying in a wide range of temperatures – 50°C + 50°C, climatic conditions, wind, humidity, dust;

– prevention of explosions of gas-steam-dust-air environments indoors and outdoors;

– localization of oil spills on rivers, lakes, the sea, the ocean;

– stopping terrorist attacks and guaranteed not deadly, non-toxic, safe, but effective, fast and large-scale control of riots;

– range up to 10 times – work with almost safe distances, in light protective overalls;

– for the first time there are no restrictions on the aggregate state, density, viscosity of the ES and natural materials, effectively spraying turbid fresh and sea water, soil, dust, sand, dirt, providing the required duration, combined quenching without the supply of OS reserves.

As a fire fighting vehicle for extinguishing explosive fires, it is most effective and provides a high degree of safety for the crews of the technique, which the author created in the USSR on the instructions of the Main Missile and Artillery Directorate for firefighting at arsenals, bases, ammunition depots, production facilities and explosive stores. These are armored fire trucks with systems to protect them from toxic and radioactive gases, dusts, aerosols, dispersing and dispersing any fire extinguishing compounds autonomously solving large-scale tasks of extinguishing, localization and decontamination Oil spreads at sea and seaside, evacuation. "Impulse-3M" with 50-barrels module on the chassis of the T-62 tank (Fig. 5a), with sparks and volleys, sprays liquids, gels, foam, sand, dust, dirt. "Impulse-3M" repeatedly increases

the scale and power of the impact, reducing its time to fractions of a second. The coefficient of useful use of the fire-fighting system is 40–70% for multi-barrel modules of spraying with shots and volleys (MM); 3–5% for traditional fire-fighting machines with a compact jet, 10% for a sprayed jet.

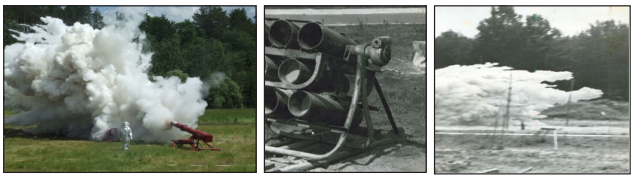
In 1991 year the 30 vehicles were developed and manufactured by the experimental-industrial party – the fire, caterpillar, armored machine "Impulse-3M" MM-50 on the T-62 chassis is operated in the quantity of 7 machines in Ukraine, 12 in Russia since 1992. "Impulse-3M" is simple, reliable, all-weather at temperatures of – 500C – + 500C. The range of extinguishing one volley from 10 barrels, spraying 250 kg of fire extinguishing powder at a range of up to 110 m (Fig. 6), the extinguishing area with a series of 5 volley of 10 barrels up to 5 000 m^2, without recharging. Impulse-3M has no analogues in the world in terms of efficiency, speed, safety of work in explosive industries and warehouses, in toxic and radioactive areas, where speed, accuracy, reducing costs of special and protective compounds, the use of environmentally friendly, natural materials – dirt, sand, dust.

"Impulse-3M" is the first fire engine capable of providing a multifunctional, effective effect: extinguishing class A, B, C, D fires, setting light and heat shielding curtains to create evacuation corridors (Fig. 6), deposition and neutralization of toxic clouds, deposition and localization of radioactive clouds, localization and liquidation of oil spills, control of riots, stopping terrorist attacks and disarming them. For the first time, with the use of a tank chassis for installing a fire installation for the supply of ES, the thick armor and crew protection systems from fragments, collapses, toxic and radioactive vapors, gases, dust have been preserved. "Impulse-3M" is the most protected fire engine in the world. The versatility of spraying for the first time provides combined extinguishing, flexibly controlled by the form, scale and intensity of the ES flow from a single fire installation – multi-module pulse impulse. Fine dispersion in the form of a vortex with a large area front, resistant to aerodynamic resistance, provides a fast, uniform coverage of the burning area and, as a direct consequence, minimum ES costs. This ensures the safety of equipment, materials, buildings, safety for personnel who have fallen under fire extinguishing effect, as well as the possibility of stopping and disarming terrorists on the perimeter and inside the facility. Even the first samples of MM stationary and on the carriage showed high efficiency and allowed to obtain a number of unique practical results. For example, pilot-industrial 50-barrels tower, modules on the T-62 chassis since the 1990s and still successfully work in the object, fire departments of Russia and Ukraine, guarding the Chernobyl nuclear power plant, chemical and gas-oil objects [11].

After the collapse of the USSR, despite numerous appeals by the author, work on further improvement of MM and other samples of pulse-spraying fire equipment was not funded in Ukraine and Russia. Currently, the work continues under the scientific guidance of the author in China, Estonia and Finland. The greatest funding and pace of work in China, which allowed to achieve in the last two years the unique results analyzed in this article. In

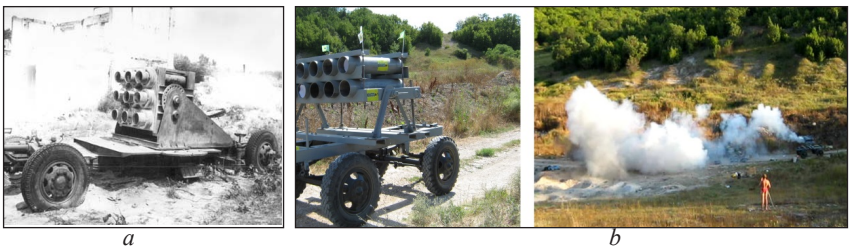
a b

Fig. 1. Explosion and subsequent fire in the port of Tianjin



a b

Fig. 2. A-pneumatic-pulse single-barrel module is used to arm Gazprom's emergency squads to extinguish gas wells. b-first 8-barrel module on skids, spraying with shots and volleys, in-volley of 8 barrels, spraying 120 kg of powder at a range of up to 60m with a quenching area of up to 350 m^2



a b

Fig. 3. A-recoil spraying 9-barrel module on a biaxial gun carriage, spraying up to 180 kg of OP for a range of up to 90 m with an extinguishing area of up to 600 m^2, a 10-barrel deck module, spraying 12,5 kg of biosorbent with a volley from the barbs, a range of 53– 55 m, area of 450 sq. m

a b

Fig. 4. A – a one-time container with a capacity of 20 liters in the barrel channel of the multi-barrel module, b – spraying 60 liters of water at a range of up to 70 m with a volley from the canals

recent years, there has been a progressive increase in the scale and quantity of man-made disasters in industrialized countries, the local focus of the civil war in Ukraine and non-state armed groups throughout its territory, and the growing danger of terrorist attacks in Russia. As in the USSR, after the successful participation of prototypes of pulsed-spraying equipment in the liquidation of the consequences of the Chernobyl disaster, Russia and Ukraine are again awakening interest in this direction of fire engineering. For example, a series of catastrophic fires in

Fig. 5. Indicative tests in China, December 2014 on the protection of a particularly dangerous area by the concentrated action of three modules 9, 20 and 30 barrels

a *b* *c*

Fig. 6. A – caterpillar, armored, fire engine "Impulse-3M" with a 50-barrel tower module on the chassis of the Soviet tank "T-62", $ 120.000; b – two-barrel "gun" IFEX-30x on the chassis of the German tank "Leopard-1", 1.400.000 $; multi-barrel module on the chassis of the Czech wheeled tank "Dana", 950.000 $

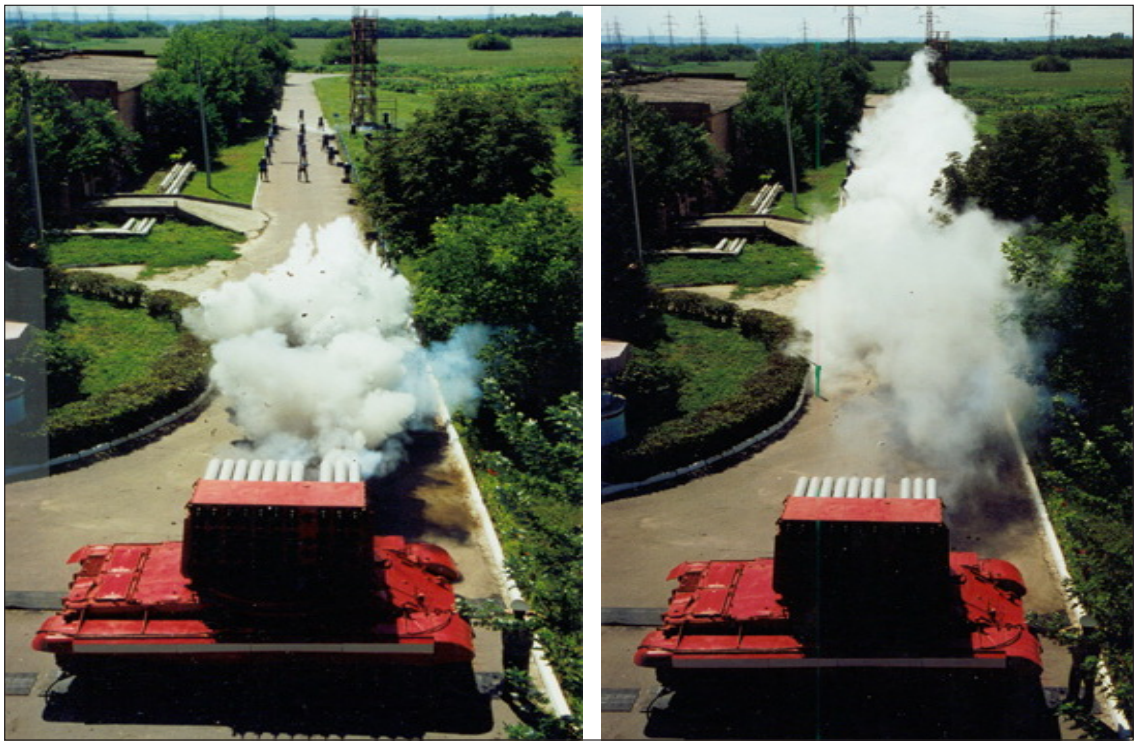


Fig. 7. Field-range experiments to provide light and thermal protection and create an evacuation corridor for a group of people caught in the ring of fire-extinguishing, gas-powder vortex, created by the machine "Impulse-3M", spraying 200 kg of fire extinguishing powder with a volley of 10 barrels

Ukraine's arsenals made the leadership of the relevant department of the armed forces of Ukraine consider the issue of restoring the release of "Impulse-3M" – a 50-bar module on the T-62 chassis at the Kiev or Lviv tank repair facilities. The reason is that there are no real alternatives to pulsed-spray equipment in extreme situations, especially in the absence of sufficiently powerful water pipes and reservoirs in the vicinity of the fire. Also, the urgency of equipping emergency rescue vessels of seaports with effective localization systems and liquidation of oil spills that occur in large, intensively operating ports almost daily, while large bottles are relatively rare, although they account for up to 60% of losses [11, 12] .

The nearest competitor, "Impulse-3M", is a double-barreled, air-impulse, water cannon on the armored chassis of the Leopard-1 tank (Fig. 5b), spraying two 20-liter barrels at a range of up to 40 m at a range of 20–30 liters, with an effective quenching range of up to 20–25 m. This fire engine is inferior to "Impulse-3M" in terms of protection of the crew; range, scale, quenching efficiency, light-thermal protection, deposition of toxic clouds; can not contain radioactive dust, control riots and counter terrorists. At present, there are 6 machines on duty in firefighters, object units: the plant "Azot" in Cherkassy, the fire department in the city of Chernobyl (2 machines), the Poltava part for the liquidation of oil and gas fountains (2 machines), the Gnedinsky refinery, the Chernigov region. In Russia 4 machines are located in Bashkortostan, 3 in Norilsk, one at Syzran Refinery, one at Balakovo NPP. The machines have well-trained crews.

However, until now, money has not been allocated to eliminate one of the main drawbacks – the development and manufacturing of special containers of the original design and spray cartridges in standard sleeves with an electrocob sleeve. It should be noted that the design of the trunks, require a simple and inexpensive revision of public parts of the trunks. The above is how this problem is solved in China.

Variant MM on the chassis of the wheeled tank "Dana" (Fig. 5c) with armored protection of the crew, engine compartment from large fragments and protection systems against radioactive and toxic dusts, gases, vapors, aerosols. The Dana-Suzanne chassis, carrying a 155 mm long-range, long-barreled cannon with a powerful recoil, is potentially capable of carrying MM from 70 (5 rounds per 14 barrels) – 90 (6 x 15) barrels with volleys of 12–15 barrels can provide advantages in comparison with "Impulse-3M":

1. To increase the range of the gas-powder vortex in 2 times from 120 m to 240 m, the gas-water squall in 3,2 to 30 m to 70 m, to increase the area of impact 2–3,5 times.

2. Increase the speed of movement from 60 m to 120 m, freely move along highways and other roads where heavy tracked vehicles do not start up.

3. The scale, range of extinguishing and small intervals between volleys can effectively protect objects from the effects of incendiary and thermobaric ammunition.

4. The parameters of paragraphs 2 to 3 allow timely arrival at the accident site of tankers with toxic or explosive products and precipitate smoke, toxic or explosive clouds, localize and eliminate bottling of oil and oil products, localize radioactive dust in the air and on various surfaces.

5. Non-toxic, guaranteed non-fatal control of riots and stopping terrorist attacks on the perimeter of the facility.

Taking into account a number of topical tasks of protecting container warehouses, nuclear power plants, chemical, gas and oil, government, military facilities, railway accidents, tunnels, and quality lines, MM will undoubtedly ensure their success in the fire market in Europe, Asia, America and Australia. Such a project to ensure a broad market is most expedient to implement it in cooperation with one of the European countries (Czech Republic, Slovakia, Serbia, Estonia) at a sale price no higher than traditional airfield fire trucks 1,5–2 million dollars. The new machine surpasses them by fire-fighting range up to 3 times, in scale (quenching speed) up to 10–50 times, according to the feed rate to 100 times and reduces the extinguishing agent costs by 10–100 times, ensuring environmentally friendly quenching in the shortest possible time and from safe distances. This machine for the first time will solve a number of topical above-mentioned tasks not available for modern fire-fighting equipment, for example, quenching of port terminals, warehouses and productions with toxic and explosive materials, localization and liquidation of Oil-spreads at port-harbor, sea-area and seaside.

Conclusions

1. The new equipment will allow to solve for the first time a number of actual above-mentioned tasks not available for modern firefighting equipment, for example, quenching of port terminals, warehouses and productions with toxic and explosive materials.

2. The new technique is the only one known to be able to remotely extinguish sand extensively and, as shown in the port of Tianjin, was the only extinguishing compound able to extinguish the fire of chemically active materials. In addition, this technique can also be extinguished for the first time remotely and extensively by dust, soil, inaccurate water, sea water.

3. The implementation of this project in China's ports, chemical and gas-oil facilities will significantly improve the safety of not only industrial facilities, the population and the environment of the surrounding areas, but also the security of the Chinese state as a whole.

4. This technique is high perspective for protection sea ports, chemical, Oil-Gas, power objects in China and other countries, therefore China financing this Project may & can get Profit in China and abroad in numerous countries, including industry countries primary.

References

1. Zakhmatov V. Technology of Impulse Elimination of Oil Bugs on the Sea, Ocean. Journal of Success in Modern Natural Science. 2015. № 10. P. 92–99.

2. She was awarded the Gold Medal at the exhibition of scientific works of the Ministry of Education of Russia, Moscow, May 2016. What's inside those Shipping containers / Tom Guldner. International Fire Fighter. Issue 53. March 2017. P. 18–20.
3. Hall Lee. Fire-response team meet industrial Fires head on. International Fire Fighter. Issue 53. March 2017. P. 27–30.
4. Zakhmatov V., Bojko V., Sherback N. Pulse Method & Equipment for Forest, high-efferctive Fire-Fighting, prevent 7-category Accident, stop Terrorist attacks, multi-protection at Nuclear Power Stations- NPS. Proceeding of 2016 China-Ukraine Forum on Science and Technology. July 5th–8th, 2016. P. 93–95.
5. Models of control of pulsed fire and explosive protection of a chemical enterprise. ISSN № 0869–7493. Fire and explosion safety. 2013. Vol. 22. № 1. P. 81–88.
6. Zakhmatov V. System of complex liquidation of emergency situations in explosive and chemically hazardous industrial facilities. Fire and explosion safety. Vol. 21. 2012. № 9. P. 43–59.
7. Zakhmatov V. History and prospects of development of fire engines on military wheeled and caterpillar chassis. Fire-explosion-Safety. Vol. 22. 2013. № 11. P. 31–42.
8. Zakhmatov V. Technology against terror. How effectively to prevent mass disorders. Russian News. January 27, 2014. № 2 (2132). P. 6–7.
9. Zakhmatov V. Impulse Technology in Chernobyl. ISSN 0869–7493. Fire and explosion safety. 2010. № 19, № 4. P. 49–52.
10. Zakhmatov V. Perspective of usage automatic pulse fire-fighting systems on chemical enterprises. Chemival Industry of Ukraine. 1996. № 6. P. 47–55.
11. Korotenko K., Mamedov R., Moores C. Prediction of the Transport and Dispersal of Oil in the South Caspian Sea Resulting from Blowouts. Environmental Fluid Mechanism. 2002. T. 1. P. 383–414.
12. Maderich V., Brovchenco I. Oil Dispersion by breaking waves and currents. Sea Technology. 2005. V. 46. № 4. P. 17–22.
13. Scherbak N. Equipment of military units with impulse equipment for liquidation of consequences of ecological catastrophe. Ecology and resources. 2008. Vip. 19. P.73–79.

УДК 504.05

ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗВАЛИЩ ВІДХОДІВ

Ткачук К.К., Ополінський І.О.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
вул. Борщагівська, 115/3, м. Київ, 03056, Україна
opolinskyi@gmail.com

За умов збільшення кількості відходів необхідним є прогнозування ступеня екологічної небезпеки від складування органічних відходів. Проведене визначення рівня екологічної небезпеки, що формується в результаті складування органічних відходів за фактором атмосферного повітря. Дослідження проведені на основі моделі розрахунку емісії біогазу Landfill Gas Emissions Model, методик ОНД-86 та ДСП 201-97. Допустимий рівень екологічної безпеки перевищений у полігонів із річною продуктивністю в 4000 т/рік. Для полігонів із більшою продуктивністю необхідним є впровадження технологій переробки органічних відходів для зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря до рівня 173,4 т/рік. Отримані залежності можуть бути використані для прогнозування рівня екологічної небезпеки звалищ відходів. *Ключові слова:* екологічна безпека, відходи, забруднюючі речовини, біомаса, сміттєзвалище.

Прогнозирование степени экологической опасности свалок отходов. Ткачук К.К., Ополинский И.О. В условиях увеличения количества отходов необходимо прогнозирования степени экологической опасности от складирования органических отходов. Проведено определение уровня экологической опасности, формируется в результате складирования отходов за фактором атмосферного воздуха. Исследования проведены на основе модели расчета эмиссии биогаза Landfill Gas Emissions Model, методик ОНД-86 и ДСП 201-97. Допустимый уровень экологической безопасности превышен у полигонов с годовой производительностью в 4000 т/год. Для полигонов с большей производительностью необходимо технологий переработки органических отходов для уменьшения выбросов, загрязняющих веществ в атмосферный воздух до уровня 173,4 т/год. Полученные зависимости могут быть использованы для прогнозирования уровня экологической опасности свалок отходов. *Ключевые слова:* экологическая безопасность, отходы, загрязняющие вещества, биомасса, свалка отходов.

Forecasting degree of environmental hazard of waste landfill. Tkachuk K., Opolinskyi I. In conditions of increasing the amount of waste, it is necessary to predict the degree of ecological danger from the storage of organic waste. The level of environmental hazard has been determined, formed as a result of the storage of waste by a factor of atmospheric air. The studies were carried out on the basis of the Landfill Gas Emissions Model for the production of biogas, the methods of OND-86 and DSP 201-97. The allowed level of environmental safety is exceeded at the landfills with an annual output of 4,000 tons per year. For landfills with greater productivity, technologies for processing organic waste are needed to reduce emissions of pollutants into the ambient air to the level of 173.4 tons per year. The obtained dependences can be used to predict the level of environmental hazard of waste dumps. *Key words:* ecological safety, waste, pollutants, biomass, landfill.

Нині у світі в атмосферу, водойми і ґрунт щорічно надходить більше 50 млрд тонн відходів енергетичних, промислових, сільськогосподарських виробництв і комунально-побутового сектора, зокрема від промислових підприємств – більш 150 млн тонн. У навколишнє середовище викидається близько 100 тис. хімічних речовин [1, 2].

Найпотужнішим джерелом викидів метану в атмосферу є звалища твердих побутових відходів (ТПВ). З усіх звалищ, розташованих на планеті, щорічно виділяється від 10 до 30 млрд м^3 метану, що у сумарному потоці метану від усіх наземних джерел становить 4% [2].

Теоретичні основи екологічної безпеки, що є складовою частиною національної безпеки України, закладені у наукових роботах провідних науковців [3–7]. Засади управління екологічною безпекою закладено у роботах таких науковців, як В.М. Шмандій, Г.О. Білявський, О.І. Бондар, А.К. Запольський, В.Ю. Некос, В.Я. Шевчук та ін.

Відповідно до стратегії державної екологічної політики України на період до 2020 р. гострою природоохоронною проблемою є поводження з відходами [8].

Перспективним методом утилізації органічних відходів є анаеробне зброджування, що дає змогу отримувати біогаз і усуває бактеріальне, хімічне забруднення ґрунту, води, повітря, що відбувається при складуванні відходів. Фундаментальні теоретико-методичні, прикладні та технічні аспекти виробництва біогазу представлені в працях таких науковців, як Л.І. Гюнтер [9], В. Баадер [10], Г.Г. Гелетуха [11], В.В. Джеджула [12] та ін.

Нерозкритими в попередніх дослідженнях залишаються питання прогнозування рівня екологічної небезпеки (ЕН) полігонів відходів з урахуванням фактору атмосферного повітря та продуктивності сміттєзвалищ.

Метою роботи є прогнозування ступеня екологічної небезпеки, що формується в результаті складування органічних відходів.

Відповідно до класифікації [13], всі методи оцінки стану ЕН розподіляються на два типи: інте-

гральні та диференційні. Диференційні методи основані на лабораторних дослідженнях та порівнянні отриманих результатів з екологічними та санітарно-гігієнічними вимогами. Щодо впливу складування органічних відходів на ЕН земельних угідь, то вони виражаються найбільше в опосередкованому впливі на якісні показники атмосферного повітря (концентрації: метану, оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю, діоксиду азоту тощо).

Інтегральні методи поділяються на два класи: розрахункові (що характеризується кількісними показниками) та біоіндикація.

Індексні методи інтегральної оцінки стану ЕН зводяться до встановлення індексу у вигляді конкретного виду функції, значення якої може змінюватись в певних межах і в яку входять показники стану окремих компонент довкілля (гідросфери, атмосфери та літосфери). Такий показник претендує на комплексну оцінку стану ЕН регіону, промислового чи іншого об'єкта.

Індексна інтегральна оцінка стану ЕН має суттєвий недолік – внаслідок індивідуального вибору кожним дослідником виду функції, яка б (за переконанням цього дослідника) адекватно описувала стан ЕН через його диференціальні показники, індексні методи оцінки є суб'єктивними, функцію залежності між комплексними розрахунковими оцінками стану ЕН, введених різними дослідниками, знайти важко, а здебільшого і неможливо. Для випадку оцінки впливу складування органічних відходів індексна інтегральна оцінка стану ЕН ускладнена, оскільки вирізнити їх вплив на окремі якісні характеристики компонент довкілля у кількісних показниках неможливо. Тому для досліджуваного випадку індексна інтегральна оцінка стану ЕН не може бути застосована [14].

Впливу рівня ЕН на здоров'я населення також присвячена значна кількість досліджень. Нині відсутня інформація, яка б пов'язувала динаміку емісії забруднюючих речовин звалищ відходів із захворюванням людей, тому виконувати такий аналіз для органічних відходів не видається можливим.

Динаміку зміни якісного та кількісного стану фауни та флори в певному регіоні дослідники часто пов'язують із впливом антропогенної діяльності – формуванням ЕН внаслідок забруднення довкілля. Оскільки відсутня інформація щодо кількісного зв'язку між об'ємами органічних відходів та динамікою життєдіяльності флори та фауни, то і цей показник має якісний, а не кількісний характер [14].

Отже, з наведеної інформація випливає, що єдиним способом кількісної оцінки ЕН від складування органічних відходів є диференційні методи оцінки опосередкованого впливу на довкілля за фактором атмосферного повітря. Якісними показниками щодо місць складування органічних відходів є викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Визначення кількості біогазу, що утворюється в результаті складування відходів проведена, за допомогою загальноприйнятої моделі розрахунку Агентства захисту навколишнього середовища США (United States Environmental Protection Agency) Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 [15].

Розрахунок викидів забруднюючих речовин місця складування відходів провадився на програмному комплексі ЕОЛ 2000 [h] згідно з методикою ОНД–86 [16]. Ця методика дає змогу виконувати розрахунки розсіювання забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу з урахуванням впливу рельєфу місцевості, визначати граничні концентрації забруднюючих речовин у двометровому шарі над поверхнею землі, а також вертикальний розподіл концентрацій. Ступінь забруднення атмосферного повітря визначався найбільшим розрахунковим значенням концентрації забруднюючої речовини, розрахованим для максимальної швидкості вітру.

На рисунку 1 продемонстровано карту розсіювання групи сумації № 4 (Аміак, Сірководень [H2S], Формальдегід) при складуванні органічних відходів із продуктивністю 100 000 т/рік.

З рисунку 1 видно, що при заданій продуктивності кратність перевищення максимальної приземної концентрації становить 11,4 частки ГДК.

Оцінку ступеня ЕН місць розміщення органічних відходів проведено відповідно до ДСП 201-97. «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)», де оцінка фактичного або прогнозного (розрахункового) рівня забруднення атмосферного повітря проводиться шляхом зіставлення показника забруднення (ПЗ) однією речовиною або сумарного показника забруднення (Е ПЗ) сумішшю речовин із показником гранично допустимого забруднення (ГДЗ).

Показник фактичного або прогнозного забруднення атмосферного повітря однією речовиною розраховується за формулою (1):

$$ПЗ = \frac{С}{ГДК} \cdot 100\%, \qquad (1)$$

де ПЗ – показник забруднення; С – фактична або прогнозна концентрація конкретної речовини, мг/м^3; ГДК – значення гранично допустимої концентрації цієї речовини, мг/м^3.

Сумарний показник забруднення (Е ПЗ) сумішшю речовин розраховується за формулою (2):

$$Е\ ПЗ = \sum_{i=1}^{к} \frac{С_1}{ГДК_1 \cdot К_1} + \frac{С_2}{ГДК_2 \cdot К_2} + \cdots + \frac{С_к}{ГДК_к \cdot К_к} \cdot 100\%, \qquad (2)$$

де Е ПЗ – сумарний показник забруднення, %; ∑ – знак суми; Ск – значення фактичних або прогнозних концентрацій речовин, що входять до складу суміші, мг/м^3; ГДКк – значення гранично допустимих концентрацій відповідних забруднюючих речовин, що входять до складу суміші, мг/м^3; Кк – значення коефіцієнтів, які враховують клас небезпечності відповідної речовини: для речовин 1-го класу – 0,8; 2-го класу – 0,9; 3-го класу – 1,0; 4-го класу – 1,1.

Для характеристики забруднення атмосферного повітря на основі розрахункових даних використовуються максимальні разові концентрації, одержані для конкретної території населеного пункту при розрахунках розсіювання викидів.

Оцінка забруднення атмосферного повітря проводилася з урахуванням кратності перевищення показників забруднення (ПЗ) їх нормативного значення (ГДЗ) і включала визначення рівня забруднення (допустимий, недопустимий) та ступеню його небезпечності (безпечний слабко небезпечний, помірно небезпечний, небезпечний, дуже небезпечний) згідно з таблицею 1.

На основі таблиці 1 проведений порівняльний аналіз стану ЕН складування органічних відходів із застосуванням анаеробного зброджування та без нього. Визначені основні значення складування

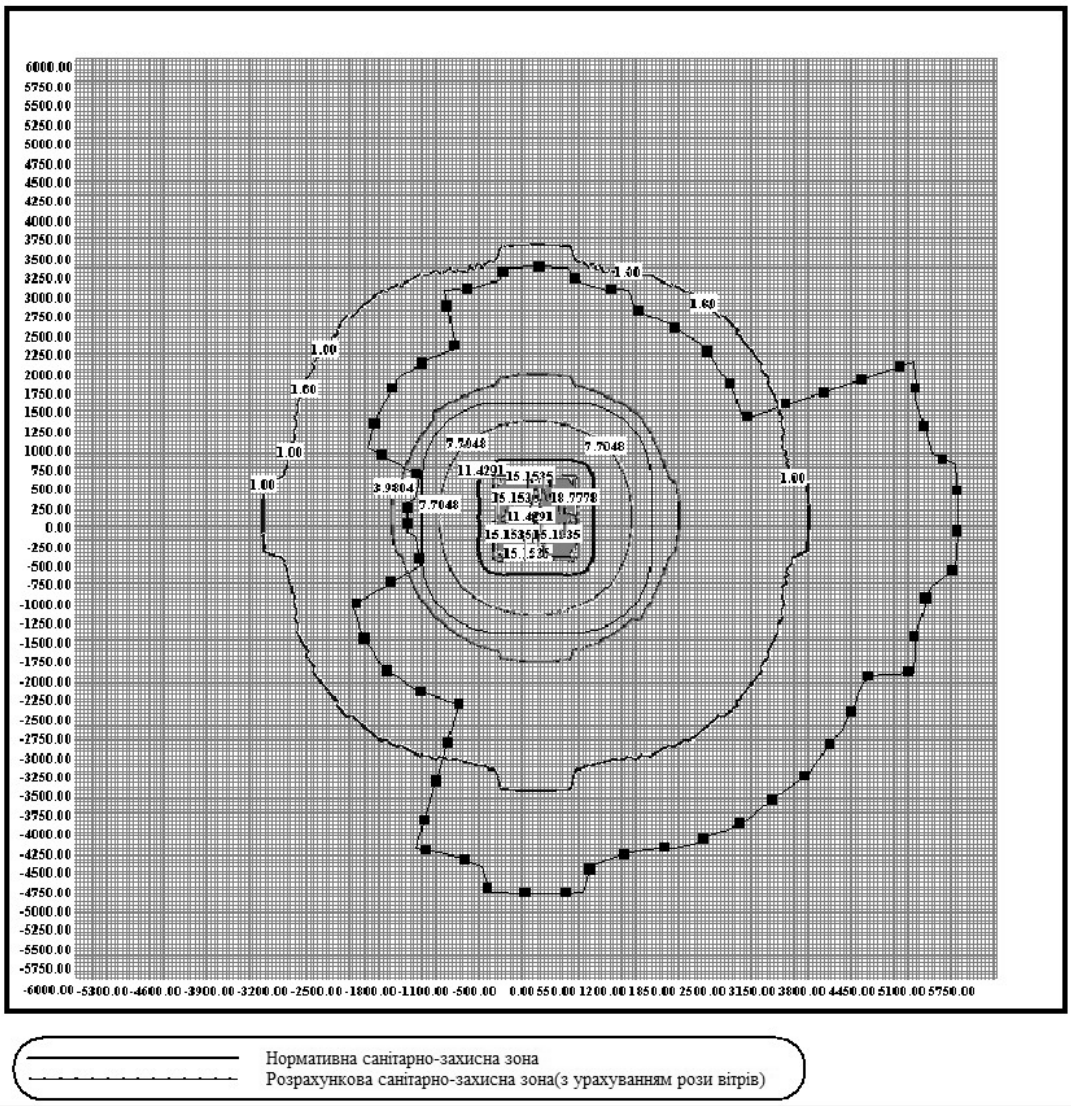


Рис. 1. Результати розрахунку розсіювання діоксиду азоту від складування органічних відходів на програмному комплексі ЕОЛ 2000 [h] згідно з методикою ОНД–86

Таблиця 1

Оцінка забруднення атмосферного повітря

Рівень забруднення	Ступінь небезпечності	Кратність перевищення ГДЗ
Допустимий	Безпечний	< 1
Недопустимий	Слабко небезпечний	> 1–2
Недопустимий	Помірно небезпечний	> 2–4,4
Недопустимий	Небезпечний	> 4,4–8
Недопустимий	Дуже небезпечний	> 8

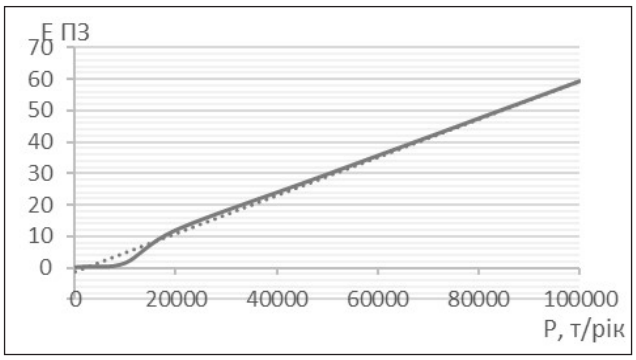


Рис. 2. Залежність рівня екологічної небезпеки (Е ПЗ) від річної кількості відходів (Р, т/рік)

органічних відходів, при яких рівень екологічної безпеки (за фактором забруднення атмосферного повітря) є допустимим.

На основі отриманих результатів побудуємо апроксимаційну залежність рівня екологічної небезпеки (Е ПЗ) від річної кількості відходів (Р, т/рік) (рис. 2).

Лінійну залежність із рис. 2 можна описати рівнянням:

$$Е\ ПЗ = 0{,}0006 \cdot Р - 1{,}3935, \qquad (3)$$

для якого коефіцієнт детермінації (R2) дорівнює 0,96.

Отримане рівняння (3) можна використовувати для прогнозування ступеня екологічної небезпеки від складування органічних відходів. Допустимий рівень екологічної безпеки (менше або дорівнює 1) перевищений у полігонів із річною продуктивністю в 4000 т/рік та більше.

Відповідно до ДСП-173-96 «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів», згідно з додатком № 4, відстань від полігонів ТПВ до меж ділянок дитячих дошкільних закладів, загальноосвітніх шкіл, шкіл-інтернатів, лікувально-профілактичних закладів, до стін житлових та інших громадських будівель і споруд, дитячих ігрових майданчиків і місць відпочинку населення варто приймати за розрахунком забруднення атмосферного повітря шкідливими викидами, але не менше 500 м.

Використання методу анаеробного зброджування дає змогу підвищити рівень екологічної безпеки експлуатувати звалища органічних відходів, за якого сумарний показник забруднення не перевищуватиме одиниці та буде відповідати «безпечному» ступеню екологічної безпеки.

Головні висновки. Проведений аналіз екологічної небезпеки, що формується в результаті складування відходів за фактором атмосферного повітря. Отримано залежність, що дає змогу прогнозувати рівень екологічної небезпеки від річної кількості відходів, що складується на полігонах.

Допустимий рівень екологічної безпеки перевищений у полігонів із річною продуктивністю в 4000 т/рік та більше. Для полігонів із більшою продуктивністю необхідним є впровадження технологій переробки органічних відходів для зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на деталізацію методів оцінки рівня екологічної безпеки з урахуванням впровадження нових технологій отримання біогазу з різних видів органічних відходів.

Література

1. Васюкова Г.Т. Екологія / Г.Т. Васюкова, О.І. Ярошева. К.: Кондор, 2009. 524 с.
2. Отходы в графиках и диаграмах – 3.0. Секретариат Базельской конвенции, 2015. 48 с.
3. Реймерс Н.Ф. / Экология (теория, законы, правила, принципы, гипотезы). М.: Россия молодая, 1994. 367 с.
4. Шевчук В.Я. Екологічне управління / Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Білявський Г.О. та ін. К.: Либідь, 2004. 432 с.
5. Шмандій В.М. Екологічна безпека – одна з основних складових національної безпеки держави / В.М. Шмандій, О.В. Шмандій. Екологічна безпека. 2008. Вип. 1. С. 9-15.
6. Дорогунцов С.И. Управление техногенно-екологической безопасностью в контексте парадигмы устойчивого развития: концепция системно-динамического решения / С.И. Дорогунцов, А.Н. Ральчук. К.: Наукова думка, 2002. 200 с.
7. Биченок М.М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні. / М.М.Биченок, О.М.Трофімчук. К.: УІНСіР, 2002. 179 с.
8. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року». Відомості Верховної Ради України. 2011. № 26. 218 с.
9. Гюнтер Л.И. Метантенки / Л.И. Гюнтер, Л.Л. Гольдфарб. М.: Стройиздат, 1991. 128 с.
10. Баадер В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Брайндерфер. Москва: Колос. 1982. 148 с.
11. Анализ необходимости применения в Украине «зеленого» тарифа на электроэнергию, вырабатываемую из биогаза / Г.Г. Гелетуха, Ю.Б. Матвеев, П.П. Кучерук та ін. // Пром. теплотехника. – 2011. – С. 75–82.
12. Джеджула В.В. Особливості впровадження та реалізації організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності промислових підприємств. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Технічний прогрес та ефективність виробництва. 2013. № 45. С. 36–41.
13. Мальований М.С. Аналіз та систематизація існуючих методів оцінювання ступеня екологічної небезпеки / М.С. Мальований, В.М. Шмандій, О.В. Харламова, Л.І. Челядин, Г.В. Сакалова. Екологічна безпека. 2013. № 1 (15). С. 37−44.
14. Синельников О.Д. Забезпечення екологічної безпеки водосховищ шляхом використання мікроводоростей для виробництва енергоносіїв: дис. … канд. техн. наук: 21.06.01. Львів, 2016. С. 53–64.
15. Gendebien A. Landfill gas / A. Gendebien and others. Comission of the European Communities. Brussels. 1992. 865 p.
16. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Госкомгидромет. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 93 с.

УДК 504.4

ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ЗСУВОНЕБЕЗПЕКИ У РЕГІОНАХ УКРАЇНИ ТА НА ЛОКАЛЬНИХ ТЕРИТОРІЯХ ЯРУЖНО-БАЛОЧНОЇ МЕРЕЖІ

Ковров О.С., Колесник В.Є.
ДВНЗ «Національний гірничий університет»
пр. Д. Яворницького, 19, 49005, м. Дніпро
kovralex1@gmail.com
kolesnikve@yahoo.com

Стаття присвячена дослідженню факторів, що впливають на поширення зсувів. Досліджено залежність між кількістю атмосферних опадів та чисельністю зсувів, яка дозволяє прогнозувати зсувонебезпеки по регіонах України. Обґрунтовано кліматичну модель зсувонебезпеки для яружно-балочної мережі, яка дозволяє обчислювати кількість атмосферних опадів для виникнення одиничного зсуву. Запропоновано інтегральний коефіцієнт рельєфу Kps, який характеризує зсувонебезпеку конкретної балки. *Ключові слова:* екзогенні геологічні процеси, зсув, кліматичні фактори, зсувонебезпека.

Прогнозная оценка оползней в регионах Украины и на локальных территориях овражно-балочной сети. Ковров А.С., Колесник В.Е. Статья посвящена исследованию факторов, влияющих на распространение оползней. Исследована зависимость между количеством атмосферных осадков и численностью оползней, которая позволяет прогнозировать оползнеопасность по регионам Украины. Обоснована климатическая модель оползнеопасности для овражно-балочной сети, что позволяет вычислять количество атмосферных осадков для возникновения одиночного оползня. Предложен интегральный коэффициент рельефа Kps, характеризующий оползнеопасность конкретной балки. *Ключевые слова:* экзогенные геологические процессы, оползень, климатические факторы, оползнеопасность.

Forecast assessment of landslides in the regions of Ukraine and on the local areas of ravine and gully chain. Kovrov O., Kolesnyk V. The paper deals with the study of factors affecting the propagation of landslides. The dependence between the amount of atmospheric precipitation and the number of landslides has been investigated, which allows predict landslide hazard in the regions of Ukraine. The climatic model of landslide hazard for a ravine network, which allows calculate the amount of atmospheric precipitation for the occurrence of a single landslide, is substantiated. The integral relief coefficient Kps, which characterizes the landslide hazard of a particular ravine, is proposed. *Key words:* exogenous geological processes, landslide, climatic factors, landslide hazard.

Постановка проблеми. Кліматичні зміни та порушення складових навколишнього природного середовища постають як важливі компоненти соціально-екологічної проблеми. Так, в Україні середня температура за останні 25 років зросла на 1,3°С та 0,9°С у літній та зимовий сезони, відповідно. Підвищення температури повітря сприяє зменшенню промерзання ґрунту взимку, прискоренню просочування води у ґрунтову товщу та підвищення рівня ґрунтових вод, посилення підтоплення та активізація зсувів, у тому числі і на територіях населених міст [1]. Слід зазначити, що середньорічна кількість атмосферних опадів в Україні, попри кліматичні зміни, суттєво не змінилася, але спостерігається їх перерозподіл за місяцями, причому суттєвого зменшення середньомісячної кількості опадів зазнали квітень (-35%), липень (-32%), серпень (-32%), а аномального збільшення – грудень (-72%), січень (+38%), березень (+105%) і вересень (+102%). Однак, найбільш помітним наслідком зміни клімату в Україні є не стільки поступове потепління, скільки зростання кількості та інтенсивності екстремальних погодних явищ, викликаних динамічними процесами у кліматичних системах: смерчі, шторми, урагани, засухи, повені, температурні рекорди тощо, які супроводжуються, хоч і короткочасними, але інтенсивними опадами – провісниками геологічних процесів у вигляді зсувів земної поверхні.

Найбільш ймовірними наслідками глобального потепління на найближчу перспективу для України стануть: підвищення середньорічної температури, збільшення кількості атмосферних опадів на 20%, підвищення рівня Чорного і Азовського морів та, як наслідок, збільшення кількості екзогенних геологічних процесів та зсувів [2].

Актуальність дослідження. Поширення та розвиток зсувів земної поверхні на території України має тенденцію до зростання, зокрема площі зсувонебезпечних зон за останні 30 років збільшились у 2-5 разів. Площа фактичних зсувів становить 4953,6 км^2. У районах активної господарської діяльності (Прикарпаття, Крим, Донбас, Одеська, Дніпропетровська, Хмельницька та інші промислові агломерації) зареєстровано 140 тис. зсувів. Головними природними чинниками активізації зсувів є кліматичні зміни обумовлені кількістю та

інтенсивністю опадів, температурними коливаннями тощо. Господарська діяльність виступає фактором додаткового впливу на розвиток зсувного процесу у вигляді зовнішніх навантажень, підрізки схилів під час будівельних робіт, створення динамічних навантажень тощо.

Адекватна прогнозна оцінка зсувонебезпеки у масштабах цілих регіонів і окремих яружно-балочних мереж дозволить запобігти катастрофічним зсувним явищам та впровадити дієву систему захисних інженерних заходів.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Авторами досліджено залежність між кількістю атмосферних опадів та чисельністю зсувів, яка дозволяє прогнозувати зсувонебезпеку по окремим регіонам України. Для яружно-балочної мережі запропоновано методику обчислення параметрів впливових чинників, що є критичними для виникнення одиничного зсуву. Такий авторський доробок є достатньо вагомим для прогнозування та попередження екзогенних геологічних процесів і сприятиме вирішенню практичних завдань, пов'язаних зі зсувами земної поверхні як на регіональному, так і локальному рівнях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження природних умов регіонів України, включаючи території яружно-балочних мереж, прогнозування змін інженерно-геологічних умов під впливом природно-техногенних чинників, виявлення змін стану та запобігання негативним наслідкам зсувів земної поверхні є основою моніторингу земель та геологічного середовища [3, 4].

У роботі [5] виконано геомоніторинг земель та геологічного середовища у балці Діївська (Безп'ята, Кринична), м. Дніпро, що знаходиться вздовж житлового масиву Діївка у західній частині Новокодакського району м. Дніпро. Наразі вся територія балки являє собою техноекологічну небезпеку через масштабні зсувні явища, які загрожують знищенням приватним будинкам та дачним ділянкам. Крім того, на зону геологічних зрушень земної поверхні припадає ділянка залізниці державного значення у районі станції 178 км у районі вул. Геологічної. У геоморфологічному відношенні досліджувана територія розташована у межах вододільного плато правого берега р. Дніпро. Формування балки проходило внаслідок діяльності тривалих екзогенних процесів неоген-четвертинного віку під впливом клімату, як чинника формування рельєфу. Загальна довжина балки сягає приблизно 3000 м. Балка має субмеридіальний напрямок з півдня на північ, звивисту форму, впадає у долину р. Дніпро, характеризується широкою розгалуженістю, різною крутизною схилів. Загальна глибина урізу балки змінюється від 15 м до 40 м. Верхів'я деяких із них ускладнені яружною мережею, глибина врізання від 3 м до 8 м, ширина від 1 м до 25 м, кут ухилу укосів 30-60º. Довжина ярів від 30 м до 100 м. Ширина відрогів по бровці змінюється у межах 200–400 м, глибина врізання – до 25 м, довжина – від 300 м до 550 м.

На цей час балка є зсувонебезпечною через низьку стійкість (міцність) лесових ґрунтів, кліматичні особливості місцевості та штучні впливи. Вздовж усієї балки та її відрогів спостерігаються геоморфологічні порушення у вигляді зсувів, поверхневої ерозії та вимоїн. Крім того, зменшується кількість дернового покриву схилів, дно балки засипається відходами металургійного виробництва, а схили – побутовим і будівельним сміттям. Профіль балки змінюється внаслідок підрізки схилів, будівництва гаражів, вібраційних впливів від залізничних доріг та автомагістралей, підтоплення внаслідок підйому рівня підземних вод. Загальна площа зсувних ділянок у балці Діївська може сягати приблизно 45 000 м^2.

Мета статті полягає в оцінці зсувонебезпеки у регіонах України та на локальних територіях яружно-балочної мережі населених міст на прикладі балки Діївська, розташованій в одному з житлових масивів м. Дніпро.

Викладення основного матеріалу. Для досягнення поставленої мети, враховуючи важливість зазначеної проблеми, авторами попередньо досліджувалася закономірність впливу кліматичних та геоморфологічних факторів на розвиток зсувів в регіонах України [6]. В результаті, на основі обробки статистичних даних стосовно кліматичних показників та рельєфу територій, побудовано модель залежності питомої кількості зсувів ґрунту (число зсувів на 1000 кв. км) від інтенсивності атмосферних опадів у регіонах. При цьому для оцінки зсувонебезпечності певних областей запропоновано інтегральний коефіцієнт рельєфу, який є добутком усереднених відомих коефіцієнтів висоти, густоти та глибини рельєфу. Поле кореляції питомої кількості зсувів, нормованих за інтегральним коефіцієнтом рельєфу, від опадів по регіонах України представлено на рис. 1.

Для подальшого аналізу наведемо виявлений тренд з предметними змінними у вигляді рівняння регресії:

$$N_{зс} = 0{,}011\ K_p W, \qquad (1)$$

де: $N_{зс}$ – питома чисельність зсувів у регіоні, число зсувів на 1000 кв. км; W – кількість річних опадів, мм/рік; K_p – інтегральний коефіцієнт рельєфу місцевості у певному регіоні.

Зазначимо, що виявлена лінійна регресійна залежність питомої чисельності зсувів від кількості атмосферних опадів у вигляді (1) дозволила визначати потенційну зсувонебезпечність певних регіонів (табл. 1) та побудувати відповідну карту України [6].

Як бачимо, маючи середні значення річних опадів у регіоні можна визначити очікувану кількість зсувів, що приходиться на 1000 км^2 території, яка характеризується певним регіональним коефіцієнтом рельєфу місцевості (Кр). Проте на практиці, зокрема у локальному контексті, тобто на певних територіях

яружно-балочної мережі населених міст, постає зворотна задача, що полягає у визначенні кількості опадів, яка спричинить, хоча б один зсув ґрунту на певній території, наприклад, житлового масиву, розташованого поряд з яром чи балкою, небезпечна зона якої складає певну площу – *S*. Очевидно, що на цій території інтегральний коефіцієнт рельєфу місцевості буде відрізнятися від регіонального *(Кр)*, а, отже, також потребує окремого визначення.

Для вирішення задачі у такій постановці перепишемо рівняння (1) з заміною питомої кількості зсувів на фактичну та помножимо ліву і праву частину на

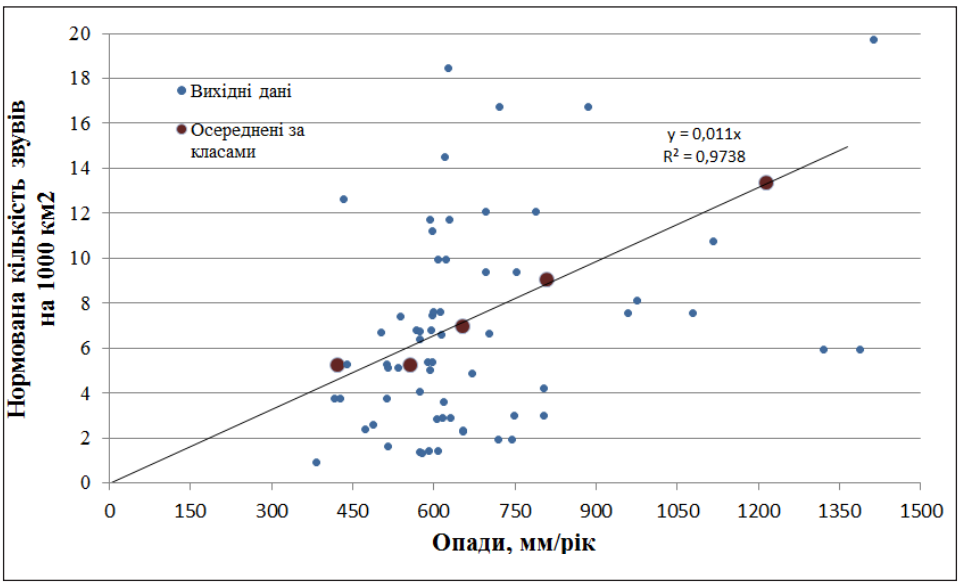


Рис. 1. Поле кореляції питомої кількості зсувів від опадів по регіонам України, де суцільна лінія (тренд) –лінійна регресійна залежність цих показників [6]

Таблиця 1

Прогнозна кількість зсувів Nзс на 1000 кв. км для зсувонебезпечних областей України

Назва адміністративної області	Інтегральний коефіцієнт впливу рельєфу, K_p	Усереднені значення загальної кількості опадів *W*, мм/рік	Прогнозна кількість зсувів на 1000 кв. км $N_{зс}$, шт
АР Крим	6,26	753,8	519
Вінницька	6,62	673,8	491
Дніпропетровська	4,13	558,5	254
Донецька	5,02	538,5	297
Закарпатська	9,28	1301,3	1328
Івано-Франківська	9,75	1032,3	1107
Київська	4,15	609,3	278
Луганська	5,61	494,5	305
Львівська	8,19	840,3	757
Миколаївська	3,87	613,5	261
Одеська	4,19	600,3	277
Полтавська	3,77	595,3	247
Сумська	4,43	568,0	277
Харківська	4,4	521,5	252
Хмельницька	6,8	661,0	494
Черкаська	4,98	610,0	334
Чернівецька	10,84	713,3	850

S. Отримаємо:

$$N_{зс}S / 1000 = 0{,}011\ K_p\ W\ S. \qquad (2)$$

Ліва частина рівняння (2) прогнозує фактично очікувану чисельність зсувів на території площиною S, км^2 після певної кількості опадів. Позначимо її як N_s, тобто $N_{зс}S / 1000 = N_s$, та перепишемо рівняння (2) у вигляді

$$N_s = 0{,}011\ K_{ps}\ W_s\ S, \qquad (3)$$

де W_s – фактична кількість опадів над обраною територією на період прогнозу, мм; K_{ps} – інтегральний коефіцієнт рельєфу обраної місцевості.

Рівняння (3) дозволяє визначити кількість опадів, що спричинить хоча б один зсув ґрунту на обраній території. Для цього підставимо у ліву частину (3) величину $N_s = 1$, та знайдемо корінь отриманого рівняння у вигляді:

$$W_{so} = 1/\ 0{,}011\ K_{ps}\ S = 99{,}9/\ K_{ps}\ S. \qquad (4)$$

Не буде великою помилкою після округлення переписати остаточно розрахункову формулу (4) у вигляді:

$$W_{so} = 100/\ K_{ps}\ S,\ мм. \qquad (5)$$

З формули (5) витікає, що чим більше масштаби яружно-балочної мережі, тим менша кількість опадів спричинить принаймні одиничний зсув. Але W_{so} певною мірою залежить й від величини інтегрального показника K_{ps}, який враховує рельєф відповідної ділянки яружно-балочної мережі.

Таким чином, для прогнозу кількості опадів, що спричинять один зсув ґрунту на певній території яружно-балочної мережі площею S, км^2, залишається визначити інтегральний коефіцієнт рельєфу цієї території K_{ps}.

Для визначення інтегрального коефіцієнта рельєфу K_{ps} балки Діївська розглянемо її геоморфологію, що обумовлена спільною дією природних та техногенних чинників. Так, варіації кількості опадів по сезонам зумовлюють інтенсивні процеси ерозії та збільшують площі зсувних ділянок вздовж балки, спричиняючи небезпеку для домогосподарств смт. Діївка (рис. 2).

а) загальний план балки (ст. 178 км)

б) глибоке урочище

в) зсувна ділянка поблизу приватної забудови

г) тріщина-закол нового зсуву

Рис. 2. Зсувонебезпечні ділянки балки Діївська

Авторами запропоновано обчислювати указаний коефіцієнт, враховуючи геоморфологічні та кліматичні чинники, які можуть спричинити принаймні один зсув на певній ділянці обраної яружно-балочної мережі. Оскільки, як зазначено вище, інтегральний коефіцієнт рельєфу є добутком інтегральних показників, які характеризують зміни у рельєфі, тому для конкретної яружно-балочної мережі чи системи обчислимо K_{ps} також як добуток перепаду її абсолютних висот $K_{вис}$, коефіцієнту найбільш зсувонебезпечного укосу $K_{зсув}$ та коефіцієнту перетину найбільш зсувонебезпечного профілю $K_{пер}$:

$$K_{ps} = K_{вис} \cdot K_{зсув} \cdot K_{пер}. \quad (6)$$

Коефіцієнт перепаду абсолютних висот вздовж яружно-балочної системи $K_{вис}$ визначається у промілях за формулою:

$$K_{вис} = 1000 \cdot \Delta h / L_{заг}, \quad (7)$$

де $L_{заг}$ – загальна довжина балки, м; Δh – перепад висот вздовж балки, м; 1000 – перерахунковий коефіцієнт, проміле. Діапазон значень $K_{вис}$ = 5…30.

Коефіцієнт найбільш зсувонебезпечного укосу $K_{зсув}$ визначається за результатами візуальних спостережень або геодезичного моніторингу та визначається як відношення абсолютної висоти h_s до довжини укосу l_s (рис 3, а) та є тангенсом кута нахилу укосу:

$$K_{зсув} = h_s / l_s. \quad (8)$$

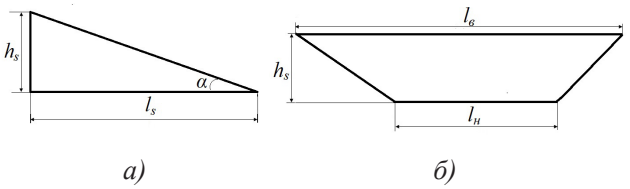


Рис. 3. Пояснювальні схеми до розрахунку коефіцієнту найбільш зсувонебезпечного укосу $K_{зсув}$ (а) та коефіцієнту перетину $K_{пер}$ (б) яружно-балочної мережі чи системи

Теоретично, значення $K_{зсув}$ може приймати значення у діапазоні [0; ∞], але натурні спостереження геомоніторингу природних схилів свідчить, що максимальні кути нахилу укосів досягають 85…87°. Тому діапазон зміни $K_{зсув}$ становить 0,1…20. До розрахунку приймається значення для ділянки балки з найкрутішим кутом нахилу, де найбільш ймовірні зсувні процеси.

Коефіцієнт перетину для найбільш зсувонебезпечного профілю $K_{пер}$ визначається як відношення ширини балки по верхньому профілю $l_в$ до її ширини по нижньому профілю $l_н$ (рис 3, б):

$$K_{пер} = (l_н/l_в) \cdot (h_s/l_н). \quad (9)$$

Для переважної більшості типових зсувонебезпечних балок $K_{пер} = 0,1 \ldots 0,5$.

Таким чином, інтегральний коефіцієнт рельєфу яружно-балочної мережі K_{ps} є добутком усереднених значень коефіцієнту перепаду абсолютних висот $K_{вис}$, коефіцієнту найбільш зсувонебезпечного укосу $K_{зсув}$, коефіцієнту перетину найбільш зсувонебезпечного профілю $K_{пер}$ і може змінюватись у діапазоні від 3 до майже 70.

Представлені залежності у вигляді формул (1-9) можна об'єднати у загальну геоекологічну модель зсувонебезпечності у регіональному та локальному контексті, яка дозволяє виконувати прогнозну оцінку виникнення зсувів та певній території (табл. 2).

Ілюстрація геоекологічної моделі зсувонебезпеки регіону та локальної яружно-балочної мережі з відповідними прогнозними оцінками зсувонебезпеки представлено на рис. 4 та 5. Як бачимо на карті, найбільш уразливими територіями у плані розвитку зсувних процесів по регіонах є Закарпатська, Чернівецька, Івано-Франківська, Львівська, Хмельницька, Вінницька та АР Крим.

На локальному рівні умови виникнення одиничного зсуву в яружно-балочній мережі при певній кількості опадів оцінюється залежно від площі балки та геоморфологічних показників місцевості (рис. 5).

Таблиця 2

Геоекологічна модель зсувонебезпеки регіону та яружно-балочної мережі

Зсувонебезпека регіону	**Зсувонебезпека локальної яружно-балочної мережі**
$N_{зс}/K_р = 0,011\ W$ $K_р$ – інтегральний коефіцієнт рельєфу місцевості у певному регіоні; $N_{зс}$ – прогнозна чисельність зсувів у регіоні; W – кількість річних опадів, мм/рік. $K_р = K_{вис} \cdot K_{густ} \cdot K_{глиб}$, $K_{вис}$ – коефіцієнт висот, безрозм. $K_{густ}$ – коефіцієнт густоти рельєфу, безрозм. $K_{глиб}$ – коефіцієнт глибини рельєфу, безрозм. [6].	$W_{so} = 100/ K_{ps}\ S$, W_{so} – кількість опадів, мм; K_{ps} – інтегральний коефіцієнт рельєфу яружно-балочної мережі, безрозм. $K_{ps} = K_{вис} \cdot K_{зсув} \cdot K_{пер}$, безрозм., S – площа балки, км^2; $K_{вис} = 1000 \cdot \Delta h / L_{заг}$, безрозм. $L_{заг}$ – довжина балки, м; Δh – перепад висот вздовж балки, м; 1000 – перерахунковий коефіцієнт, проміле. $K_{зсув} = h_s / l_s$, безрозм., h_s, l_s – висота та довжина зсувонебезпечного укосу, м; $K_{пер} = (l_н/l_в) \cdot (h_s/l_н)$, безрозм., $l_в$, $l_н$ – ширини верхнього та нижнього профілю зсувонебезпечного перетину.

Так, для оцінки зсувонебезпечності балки Діївська маємо наступні вихідні дані: $L_{заг}$ = 1080 м; S = 0,092 км^2; $\cdot\Delta h$ = 22 м; h_s = 17 м; l_s = 4 м; $l_н$ 12 м; $l_в$ = 42 м.

Розрахуємо інтегральний коефіцієнт рельєфу яружно-балочної мережі K_{ps} та кількість опадів, які спричинять зсув W_s:

$$K_{ps} = K_{вис} \cdot K_{зсув} \cdot K_{пер} = (1000 \cdot \Delta h / L_{заг}) \cdot (h_s / l_s) \cdot (l_н / l_в) \cdot (h_s / l_н) = (1000 \cdot 22/1080) \cdot (17/4)\ (12/42 \cdot 17/12) = 20{,}37 \cdot 4{,}25 \cdot 0{,}40 = 35{,}04.$$

$$W_{so} = 100 / K_{ps}\, S = 100/35{,}04 \cdot 0{,}092 = 100/3{,}224 = 31 \text{ мм}.$$

Тобто, для виникнення зсуву на найбільш зсувонебезпечній ділянці, геометричні параметри якої закладено у коефіцієнт K_{ps}, достатньо 31 мм опадів за короткостроковий період.

Висновки. Запропонована геоекологічна модель оцінювання зсувонебезпеки як у регіонах, так і в умовах локальної яружно-балочної мережі. При цьому для прогнозу зсувонебезпеки у регіонах запропонована відповідна карта по областям України, яка визначає очікувану кількість зсувів, що приходиться на 1000 км^2 території з певним регіональним (обласним) коефіцієнтом рельєфу місцевості.

Для прогнозу кількості опадів, що спричинять хоча б один зсув ґрунту на території локальної яружно-балочної мережі, запропоновано використовувати коефіцієнт рельєфу для певної обраної ділянки балки, що обчислюється як добуток коефіцієнту перепаду її абсолютних висот, коефіцієнту найбільш зсувонебезпечного укосу та коефіцієнту перетину найбільш зсувонебезпечного профілю. Як приклад,

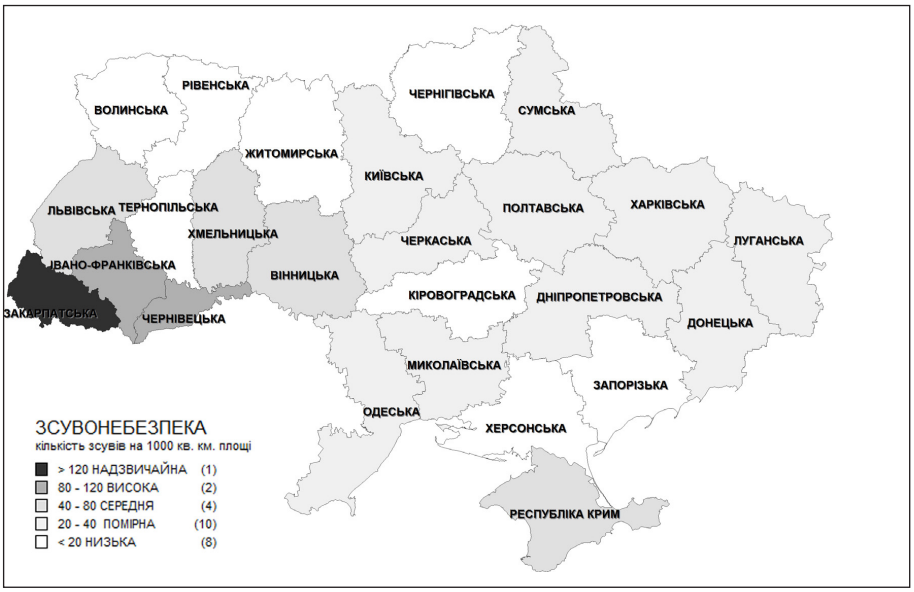


Рис. 4. Результати прогнозу зсувонебезпечності по регіонах України у вигляді відповідної карти

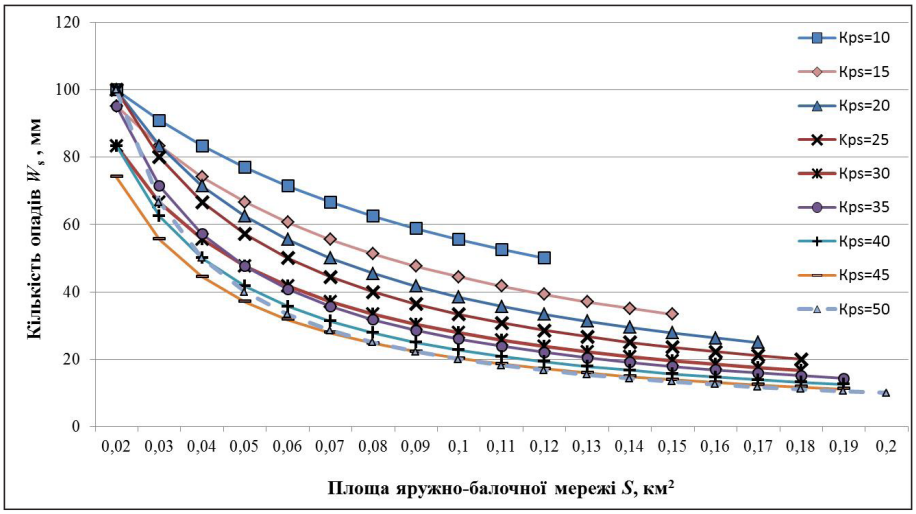


Рис. 5. Прогнозна оцінка кількості опадів, що спричинить зсув в яружно-балочній мережі

дано прогнозну оцінку кількості опадів, що спричинить зсув у балці Діївська м. Дніпро.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати будуть інтегровані у повноцінну геомеханічну-екологокліматичну модель зсувонебезпеки для прогнозу екзогенних геологічних процесів, що супроводжуються зсувами ґрунту як у регіональному, так і у локальному контексті, включаючи техногенні зсувонебезпечні ділянки.

Література

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році / Державна служба України з надзвичайних ситуацій; відп. вип. О.М. Євдін, В.В. Коваленко, В.С. Кропивницький. Київ: [б. в.], 2015. 365 с.
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році / Міністерство екології та природних ресурсів України; за ред. О.І. Бондаря та ін. Київ: Грінь Д.С., 2016. 350 с.
3. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов. ПНИИИС. М.: Стройиздат, 1984. 80 с.
4. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. М.: Недра, 1972. 310 с.
5. Богаченко Л.Д., Осадча Л.І., Сібуль Т.В. Моніторинг земель та стану геологічного середовища по балці Діївська в м. Дніпропетровську. Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Геологія. Географія», 2014. Вип. № 15, ст. 2-7.
6. Kovrov O.S., Kolesnik V.Ye., Buchavyi Yu.V. Evaluation of the influence of climatic and geomorphological factors on landslides development. Environmental safety and natural resources. Kyiv: Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine, Kyiv National University of Construction and Architecture. № 1–2 (25), 2018. P. 121–132.

УДК 626.86(477.72)

ПІДТОПЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ: АНАЛІЗ ПРИЧИН, ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ

Малєєв В.О., Безпальченко В.М.
Херсонський національний технічний університет
Бериславське шосе, 24, 325008, м. Херсон
mahnoveccs@gmail.com
violeta@gmail.com

У даній роботі проаналізовано причини геоекологічної загрози Херсонської області – підтоплення територій. Наведені умови застосування різних типів та видів дренажу. Проведена таксономія негативних наслідків внаслідок підтоплення територій. Зазначена необхідність впровадження новітніх технологій та видів дренажу особливо в умовах забудованих територій.
Ключові слова: підтоплення територій, штучна та природна дренованість, види дренажу.

Подтопление территорий Херсонской области: анализ причин, пути решения проблемы. Малеев В.А., Безпальченко В.М. В данной работе проанализированы причины геоэкологической угрозы Херсонской области – подтопление территорий. Приведены условия применения различных типов и видов дренажа. Проведена таксономия негативных последствий в результате подтопления территорий. Указана необходимость внедрения новейших технологий и видов дренажа особенно в условиях застроенных территорий.
Ключевые слова: подтопление территорий, искусственное и природное дренирование, виды дренажа.

Flooding of the Kherson region: analysis of the causes, ways to solve the problem. Maljejev V., Bezpalchenko V. In this work the reasons of geoecological threat of Kherson region – flooding of the territory are analyzed. Conditions for applying different types and types of drainage are given. Taxonomy of negative consequences due to flooding of territories has been carried out. The necessity of introduction of the newest technologies and types of drainage in the conditions of the built-up areas is indicated. *Key words:* flooding of territories, drainage, types of drainage.

Постановка проблеми. Площа підтоплених земель в Україні у результаті зрошення, втрат води, інших природних і техногенних факторів становить 129,6 тис. км^2, або 21,5% від загальної площі території України. Якщо не вживати ефективних заходів, то до 2020 р. площа підтоплених земель за прогнозами складатиме 24,3% площі України. Гостро проблема підтоплення проявляється у південних областях країни – Миколаївській, Херсонській, Одеській. Тільки за 2007 р. підтопленням та супутніми наслідками державі завдано еколого-економічного збитку у розмірі 28,5 млн. грн. Серед геоекологічних загроз у Херсонській області найбільший розвиток має підтоплення. Більшість заходів щодо запобігання підтоплення малоефективні і не дають очікуваних результатів. Основною причиною цього явища є відсутність комплексної оцінки причин підтоплення та наукового обґрунтування заходів, спрямованих на поліпшення ситуації. Відсутність просторового аналізу та моделювання процесів підтоплення призводить до погіршення ситуації і дедалі більших еколого-економічних збитків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах Херсонської області на землях з високим рівнем залягання підґрунтових вод спостерігаються процеси вторинного гідроморфізму, підтоплення, осолонцювання ґрунтів, засолення та інше [1; 2]. Фактори формування водного режиму ґрунтів включають: метеорологічні, іригаційні; гідрогеологічні; організаційно-господарські тощо [3].

Аналіз причин підтоплення територій розглянуто у багатьох дослідженнях [4; 5; 6]. До комплексу гідрогеологічних факторів підтоплення належить рівнинний, майже безстічний рельєф агроландшафту, недостатня природна (інженерна) дренованість території, наявність значних за площею (до десятків тисяч гектарів) замкнених западин рельєфу, так званих подів, в яких акумулюється поверхневий стік [7]. Як відомо, причинами виникнення підтоплення є: наявність у каштанових солонцюватих ґрунтах на глибині 25-35 см практично водонепроникного колоїдно-ілювіального прошарку, будівництво великих магістральних зрошувальних каналів (Північно-Кримський, Краснознам'янський) та розподільчої зрошувальної мережі, зменшення природної дренованості території, відсутність зливової каналізації у населених пунктах і систем відведення поверхневих вод, не регламентовані поливи присадибних ділянок і так званих «супутників», порушення проектного режиму роботи дренажних систем [8; 9]. До іригаційних факторів слід віднести фільтраційні втрати частини поливної води з каналів, дощувальної техніки, на зрошуваних полях, яка інфільтрується і поповнює підґрунтові води. Такі втрати становлять 15-30% поданої на територію води [10; 11].

Формулювання мети дослідження. Метою досліджень є оцінка виявлення територіальних особливостей прояву підтоплення та застосування дренажу як провідного технічного рішення проблеми. При виконанні досліджень застосовували математичний, статистичний, порівняльний та картографічний методи.

Викладення основного матеріалу. Як відомо, за гідрологічним районуванням Херсонська область знаходиться у зоні недостатньої водності рівнинної частини України, але водні ресурси у компонентній структурі ПРП посідають друге місце (після земельних) – понад 22% сукупних природних ресурсів. Це, насамперед, пов'язано з великими обсягами транзитного стоку, що надходить з інших регіонів та використовується для потреб області як безпосередньо з Дніпра та інших річок, так і через розвинену мережу водосховищ, ставків, каналів (рис. 1).

Виникла достатньо парадоксальна ситуація – підтоплення територій області у зоні недостатнього зволоження (рис. 2). Соціально-економічні наслідки даних негативних процесів важко підрахувати.

Щодо відмінностей в адміністративних районах, то водних ресурсів майже у 1,5 раза більше, ніж у середньому по області у таких районах, як Скадовський, Новотроїцький, Каховський, Чаплинський. Насамперед, це пов'язано з наявністю мережі каналів (Краснознам'янської, Каховської, Чаплинської та Каланчацької зрошувальних систем). При чому для цих районів характерним є майже повна відсутність поверхневого стоку та природних водойм прісної води.

Найбільш потерпають від екзогенного геологічного процесу (підтоплення) Каланчацький, Генічеський, Голопристанський райони, на території яких площі підтоплення перевищують 50%. Найменшого шкідливого впливу зазнають Нижньосірогозький, Іванівський, Великолепетиський та Горностаївський райони. У цілому по Херсонській області підтоплені території складають 30% від загальної площі. Суцільне (площадне) підтоплення спостерігається у південній, південно-західній та північно-західній (правобережжя р. Інгулець) частинах області. На вододільній частині плато між р. Інгулець і Каховським водосховищем південно-східніше р. Інгулець у межах Високопільського, Великоолександрівського та у західній частині Нововоронцовського районів виділяється зона суцільного потенційного підтоплення. Південно-західна частина Херсонської області (дельта Дніпра) є зоною суцільного підтоплення. Для цієї території характерне посилення наявної природної схильності до підтоплення внаслідок потужного водогосподарського навантаження. Ліва приплотинна частина Каховського водосховища отримує постійно

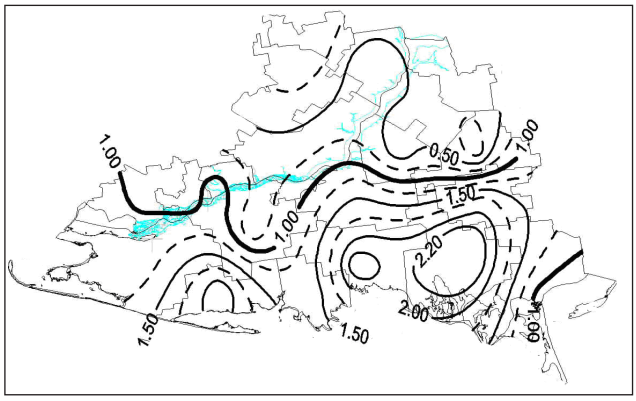


Рис. 1. Забезпеченість водними ресурсами області на одну особу (середньообласний рівень – 1)

Рис. 2. Прояв небезпечного геоекологічного процесу – підтоплення на території Нової Маячки (Херсонська область, березень 2010 р.)

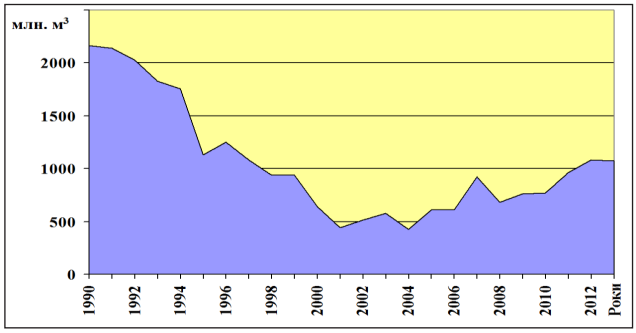


Рис. 3. Сумарні витрати прісної води водогосподарським комплексом Херсонської області (1990 – 2013 рр.)

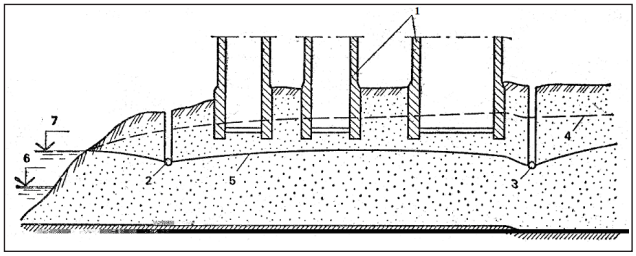


Рис. 4. Схема дволінійного дренажу: 1 – контури споруджень, що захищають; 2 – берегова дрена; 3– головна дрена; 4 – рівень ґрунтових вод до влаштування дренажу; 5 – знижений рівень ґрунтових вод; 6 – рівень води до будівництва водоймища; 7 – нормальний підпертий горизонт після влаштування водоймища

зростаюче техногенне навантаження. На цій території, а також південно-західніше уздовж Північно-Кримського каналу спостерігається площинне підтоплення, внаслідок значного техногенного навантаження. На прилеглих територіях (Цюрупинський район) виділяються площі потенційного підтоплення. Для Скадовського і Каланчацького районів характерне посилення наявних раніше природно-техногенних факторів розвитку процесу підтоплення, внаслідок потужного водогосподарського навантаження – значної кількості каналів зрошення. На решті території спостерігається лінійне підтоплення уздовж іригаційних каналів, з утворенням підземних куполів з розтіканням у сторони. Зазначимо, що у зрошуваній зоні області майже всі траси каналів проходять у широтному напрямку, перетинаючи основний потік підземних вод, що спричиняє інтенсивний підйом їх рівня. Масиви зрошення у північно-східній частині території області (Верхньорогачицький та Нижньосірогозький райони) можуть спричинити зростання площ постійного і потенційного підтоплення. Максимальний приріст підтоплених площ зафіксований у наступних районах: Генічеському +1038 км^2 (з 23 до 65%), Новотроїцькому +407 км^2 (з 21 до 38%), Голопристанському +528км^2 (з 50 до 69%), Бериславському +234 км^2 (з 3 до 18%). Зростання площ підтоплення спостерігається за рахунок земель, де відбувається інтенсивна водогосподарська діяльність. У той же час треба зазначити, що загальне водоспоживання водогосподарським комплексом області за період 1990-2015 рр. скоротилося вдвічі (рис. 3). Можна зробити попередній висновок, що головною причиною підтоплення – є глобальні зміни кліматичних умов. Одночасно необхідні подальші ґрунтовні дослідження щодо інерційності процесів у територіальних геоекосистемах, пов'язаних з активною антропогенною водогосподарською діяльністю.

Першочергові заходи щодо вирішення проблеми підтоплення включають три блоки: наукове обґрунтування шляхів розв'язання проблеми, техніко-технологічні засоби і впровадження геоінформаційних технологій. Виникає нагальна потреба щодо удосконалення методології нормування водокористування з позиції ландшафтного землеробства та сталого розвитку території. Першим кроком до визначення стійкості ландшафтів повинна бути регіональна класифікація за показником прояву сучасних негативних інженерно-геологічних процесів.

Впровадження геоінформаційних технологій є пріоритетним напрямком щодо вирішення проблеми підтоплення, бо надає можливість оперативного отримання поточної інформації про гідрогеологічний стан території і своєчасного регулювання водного балансу певної території. Першочергові заходи щодо ГІС-технологій включають визначення ключових точок (моніторингових точок). Такими повинні бути: біосферні заповідники, стаціонари тривалих наукових спостережень, критично підтоплені населені пункти, існуюча мережа спостережних свердловин.

Наступна методична проблема полягає у необхідності визначення: протягом якого часу повинна зберігати стійкість геосистема ландшафту та межу своєї стійкості. На жаль, методика одержання таких даних розроблена недостатньо. З позиції сучасної екології важливим напрямом оптимізації геосистем є створення мозаїчного ландшафту, котрий включає чергування природних ділянок і антропогенно перетворених. Перший етап вирішення проблеми включає, на нашу думку, зниження розораності земель у Херсонській області до 40-45%. Другий етап – досягнення оптимальної розораності в області на рівні 28-32%. Техніко-технологічні засоби вирішення проблеми включають: забезпечення стабільної роботи наявних дренажних систем; будівництво нового дренажу на підтоплених територіях; відновлення поблизу населених пунктів природних поверхневих водотоків, ліквідація ставків, дамб; ревізія технічного стану водопровідно-каналізаційної мережі, заборона розміщення «супутників» зрошення поблизу населених пунктів, які зазнають підтоплення, впровадження заходів з посилення охорони від пограбувань дренажних систем і насосних станцій. Заходи зі зменшення іригаційного живлення включають: зменшення втрат води зі зрошувальних систем і мереж; запровадження водозберігаючих режимів зрошення; припинення зрошення у місцях розташування подів, балок [4].

Як відомо, дренаж залишається одним з головних методів захисту територій від підтоплення. При захисті від підтоплення будинків і споруд, підземних комунікацій величина необхідного зниження визначається нормативними документами. Під будинками й спорудами рівень підґрунтових вод повинен розташовуватися нижче закладення підошви фундаменту не менш ніж на 0,5 м. При цьому захист фундаментів і підвалів від капілярної вологи здійснюється шляхом влаштування відповідної гідроізоляції. Залежно від ступеня та наслідків підтоплення території, природних умов, можливостей будівництва захисних споруд захисні заходи здійснюються на всій території або на певній її частині. Для захисту забудованих територій від підтоплення використовують однолінійні, дволінійні й площинні системи дренажів горизонтального, вертикального або комбінованого типу (рис. 4, 5).

При осередковому характері підтоплення мають потребу у захисті, як правило, окремі будинки й споруди. Це досягається застосуванням локальних дренажів: контурних (кільцевих), лінійних, променевих, пластових, пристінних тощо (рис. 6, 7). За принципом відбору води й вологи із ґрунту застосовуються дренажі гравітаційної дії й спеціальні – вакуумні, вентиляційні й пневмонагнічувальні.

На практиці в основному застосовуються гравітаційні дренажі, спеціальні дренажі в області не вийшли зі

стадії експериментального вивчення. При будівництві горизонтальних трубчастих дренажів промислових і міських територій застосовуються наступні конструктивні типи: традиційної конструкції із трубчастою основою з керамічних, азбестоцементних, бетонних, чавунних, рідше пластмасових труб з 2-3 шарами фільтруючого обсипання з пухкого сортованого матеріалу (пісок, гравій, щебінь); з трубчастою основою й фільтруючими обгортками (рис. 8) з різного типу тканих і нетканих мінеральних або полімерних матеріалів.

Крупність матеріалу й кількість шарів пухких обсипок у дренажах традиційної конструкції підбирається за відповідними методиками залежно від умов дренування, виду ґрунту, розмірів водоприймальних отворів. На території Херсонської області застосовують переважно лінійний та площинний види дренажів. Потребує більш широкого застосування променевий дренаж, особливо на забудованих територіях. При виконанні робіт, спрямованих на покращення ситуації щодо підтоплення, потрібно застосовувати різні типи дренажів, що пов'язано з їх конструктивними та технологічними відмінностями. Вибір системи захисних заходів здійснюється, у тому числі на основі водобалансових, фільтраційних, гідравлічних та економічних розрахунків.

Висновки:

1. Причини, що викликають підтоплення територій на півдні України, включають дві групи: природні та техногенні. Природні чинники підтоплення: кліматичні (випадання атмосферних опадів, що перевищують середні декадні значення у 2-5 разів, глобальні зміни клімату); практична безстічність більшості зрошуваних ландшафтів півдня України; дуже слабка природна дренованість території при наявності напірного живлення підґрунтових вод. До техногенних чинників підтоплення відносяться причини, пов'язані із водогосподарською діяльністю людини.

2. У Херсонській області найбільш потерпають від екзогенного геологічного процесу Каланчацький, Скадовський, Голопристанський та Білозерський райони. Найменшого шкідливого впливу зазнають Нижньосірогозький та Іванівський райони.

3. Внаслідок підтоплення виникають небезпечні геологічні процеси (зсуви, карсти, суфозії), що несуть загрозу для народногосподарського комплексу, загрожують життю та здоров'ю людини.

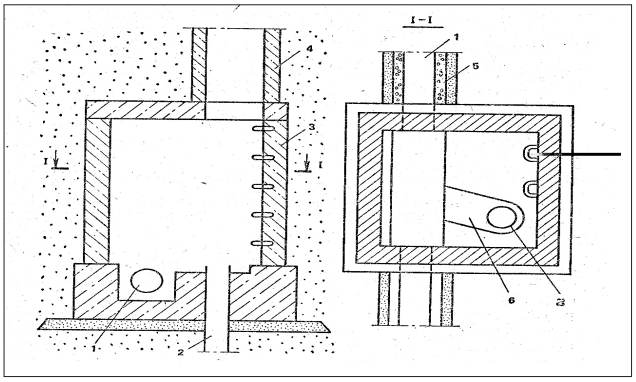


Рис. 5. Конструктивна схема комбінованого дренажу: 1 – горизонтальна дрена; 2 – вертикальна шпара, що самовиливається; 3 – оглядовий колодязь; 4 – горловина колодязя; 5 – фільтруюче обсипання; 6 – цементний лоток

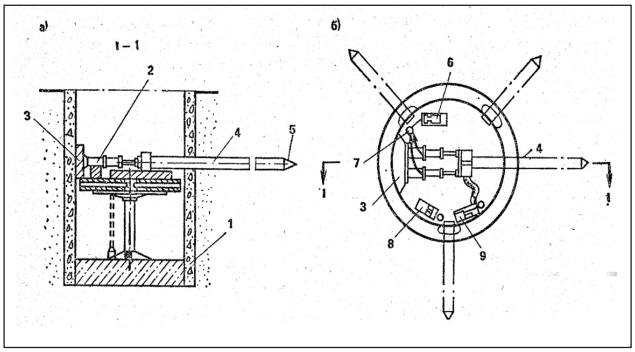


Рис. 6. Схема променевого дренажу: а – розріз; б – план 1 – шахтний колодязь; 2 – гідродомкрати; 3 – завзятий блок; 4 – дрени; 5 – буровий конус; 6 – маслонасоси; 7 – маслоотстійник; 8 – насос для відкачки шламу з колодця; 9 – насос подачі води для гідробуравлення

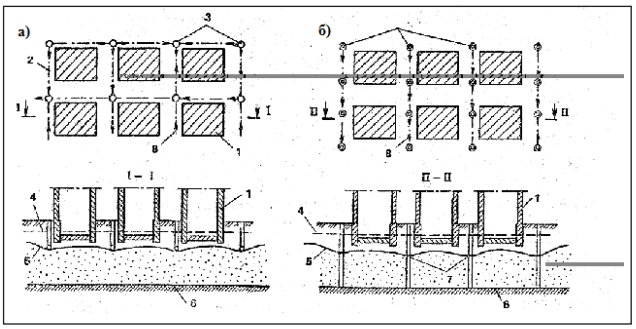


Рис. 7. Схема кільцевого дренажу: а – горизонтального; б – вертикального: 1 – контур спорудження, що захищає; 2 – лінія дренажу; 3 – оглядовий колодязь; 4 – незнижений рівень ґрунтових вод; 5 – знижений рівень ґрунтових вод; 6 – горизонтальна дрена; 7 – вертикальна дрена; 8 – водовідвід

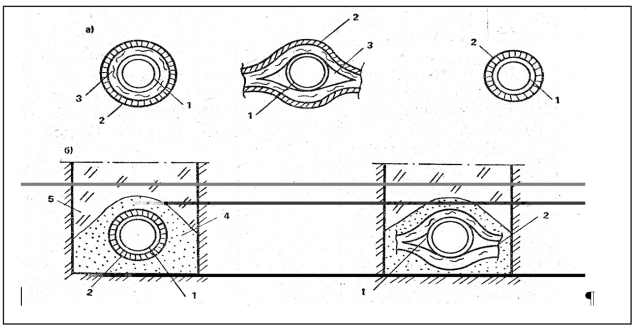


Рис. 8. Схема конструкції трубчастого горизонтального дренажу з фільтруючими обгортками з волокнистих матеріалів: а – варіанти сполучення волокнистих матеріалів із дренажною трубою; б – конструктивні схеми дрен: 1 – дренажна труба; 2 – склохолст; 3 – скловойлок; 4 – піщане обсипання; 5 – зворотне засипання

4. Сучасні методологічні проблеми нормування водокористування вимагають подальшої розробки теорії стійкості та надійності геосистем, організації мозаїчного ландшафту з обов'язковим застосуванням геоінформаційних технологій, які надають можливість оперативного отримання, обробки поточної інформації щодо гідрогеологічного стану області та здійснювати регулювання водного балансу територій.

5. Застосування дренажу є найбільш ефективним існуючим засобом щодо захисту території від підтоплення агроландшафтів та міських забудов. Для підтоплених територій Херсонської області поряд з лінійним, площинним, іншими видами «класичного» дренажу, актуальною є розробка технологій та застосування інноваційних видів, як приклад променевого (особливо для забудованих територій) дренажу.

Література

1. Дзекцер Е.С. Гидромеханические аспекты проблемы подтопления застроенных территорий подземными водами. М.: Изд-во МГУ, 1976. 275 с.
2. Малєєв В.О. Особливості опустелювання агроландшафтів Херсонщини. Матеріали семінару стосовно затвердження Національної доповіді щодо впровадження в Україні Конвенції ООН про боротьбу з опустелюванням. К.: Фітосоціоцентр, 2007. С. 62-69.
3. Коноплянцев А.А., Кофф Г.Л. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия территории городов: Методы изучения и прогноза изменений. М.: Наука, 1989. 117 с. 278 с.
4. Малєєв В.О., Безпальченко В.М. Зрошувальні меліорації Херсонської області в контексті збалансованого розвитку. Вісник Херсонського національного технічного університету. Херсон: ХНТУ, 2017. № 1(60). С. 215–223.
5. Ушкаренко В.О., Морозов В.В., Сніговий В.С., Сафонова О.П. Підтоплення зрошуваних земель – проблема і перспективи. Таврійський науковий вісник. Херсон: Айлант, 2001. Вип. 20. С. 127-131.
6. Морозов В.В., Грановська Л.М., Поляков М.Г. Еколого-меліоративні умови природокористування на зрошуваних ландшафтах України: навч. посібник. Київ-Херсон: Айлант, 2003. 208 с.
7. Про проблеми підтоплення Херсонської області. Матеріали Каховської гідрогеолого-меліоративної експедиції. Херсон, 1999. 18 с.
8. Ромащенко М. І., Савчук Д.П. Надзвичайне підтоплення території на півдні України взимку 1998 року (причини та ліквідаційні заходи). Матеріали Інституту гідротехніки і меліорації УААН. К., 1998. 78 с.
9. Схема комплексного захисту сільськогосподарських угідь та населених пунктів Херсонської області від підтоплення ґрунтовими водами і затоплення поверхневими водами. Матеріали Інституту гідротехніки і меліорації УААН. К., 2005. 114 с.
10. Малєєв В.О., Безпальченко В.М. Геоекологічна загроза Херсонської області – підтоплення територій. Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Теорія і практика сучасного природознавства» (26-27 жовтня 2017 року): збірник наукових праць. Херсон: Вид-во ПП Вишемирський В.С., 2017. С. 82–86.
11. Ушкаренко В.О., Морозов В.В., Малєєв В.О. Оцінка процесів підтоплення геосистем Херсонської області. Таврійський науковий вісник: науковий журнал. Вип. 69. Херсон: Айлант, 2010. С.131–143.

УДК 502/504:628.33

ЗАСТОСУВАННЯ ІММОБІЛІЗОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Ребрикова П.А., Саблій Л.А.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
просп. Перемоги, 37, 03056, м. Київ
rebrikova_polina@ukr.net

У статті розглянуто проблему погіршення стану навколишнього середовища через наявність фенольних сполук у стічних водах гідротермічної обробки деревини. З'ясовано, що традиційні методи з використанням аеротенків не можуть задовольнити необхідні показники очищення стічної води, тому пропонується інтенсифікація процесів біологічного очищення за рахунок уведення носіїв з іммобілізованими мікроорганізмами. Установлено, що ця технологія дає змогу підвищити ефективність очищення промислових стічних вод до 45%. *Ключові слова:* стічні води, фенольне забруднення, очищення, іммобілізовані мікроорганізми.

Использование иммобилизованных микроорганизмов для интенсификации процесса очистки сточных вод деревообрабатывающих предприятий. Ребрикова П.А., Саблий Л.А. В статье рассмотрена проблема ухудшения положения окружающей среды из-за наличия фенольных соединений в сточных водах гидротермической обработки древесины. Выяснено, что традиционные методы с использованием аэротенков не могут удовлетворить необходимые показатели очистки сточной воды, поэтому предлагается интенсификация процессов биологической очистки за счет введения носителей с иммобилизованными микроорганизмами. Установлено, что такая технология позволяет повысить эффективность очистки промышленных сточных вод до 45%. *Ключевые слова:* сточные воды, фенольное загрязнение, очистка, иммобилизованные микроорганизмы.

Woodworking factories wastewater treatment using immobilized microorganisms for intensification of the process. Rebrykova P., Sablii L. The article discusses problem of deterioration of the environment due to the presence of phenolic compounds in wastewater of hydrothermal wood processing. It was found out that traditional methods of using aerotanks cannot meet the required indicators of wastewater treatment, therefore, was proposed to intensify the processes of biological purification by introducing carriers with immobilized microorganisms. Was established that this technology allows increasing the efficiency of industrial wastewater treatment to 45%. *Key words:* wastewater, phenolic pollution, cleaning, immobilized microorganisms.

Постановка проблеми. Деревообробна галузь є перспективною та поширеною на території України. Але деревообробні підприємства вимагають залучення великих обсягів водних ресурсів, що впливає на екосистеми в навколишньому середовищі. Так, скидання неочищених і недостатньо очищених стічних вод у водні об'єкти постійно погіршує їх становище. Проблема очищення стічних вод пов'язана з вирішенням не тільки природоохоронних, а й низки техніко-економічних і технологічних завдань.

У процесі гідротермічної обробки деревини поряд із органічними та неорганічними забруднювачами, формальдегідом і нелеткими речовинами великий відсоток становлять сполуки фенолу, які можуть досягати 10% умісту. Головною проблемою є не тільки токсичність висококонцентрованих фенольних стічних вод, а й зменшення вмісту біогенних речовин і розчинених у воді газів, оскільки фенол особливо небезпечний через його відносно високу розчинність [1]. Отже, стічні води деревообробної промисловості являють собою стійку колоїдну систему, яку важко очистити традиційними методами й технологіями до необхідних норм. Відомо, що в сучасних наукових дослідженнях пріоритет надається використанню біотехнологій, оскільки біологічні методи забезпечують одночасну екологічність та економічну рентабельність очищення стічних вод. Привабливість біологічного очищення полягає в унікальній здатності мікроорганізмів адаптуватися в украй несприятливих ситуаціях.

Сутність біологічного очищення полягає в біохімічному окисленні органічних речовин мікроорганізмами. Для нормального процесу синтезу речовин у клітині, а отже, й ефективного очищення стічної води у водному середовищі повинна бути достатня концентрація всіх основних елементів живлення – карбону, вміст якого зазвичай характеризується величиною біологічно споживаного кисню (далі –

БСК), нітрогену й фосфору, співвідношення яких має становити: БСК:азот:фосфор – 100:5:1. При цьому ступінь їх видалення зі стічних вод в оптимальних умовах (t = 25–30° С, pH = 6,5–7,5 співвідношення біогенних елементів, відсутності токсичних для мікроорганізмів речовин) становить до 90%.

Актуальність дослідження. Оскільки традиційні методи з використанням аеротенків не можуть задовольнити необхідні показники очищення стічної води деревообробного підприємства, то пропонується інтенсифікація процесів біологічного очищення за рахунок уведення носіїв з іммобілізованими мікроорганізмами [2; 3]. Доведено, що такі гідробіонти є більш стійкими та ефективними порівняно з вільно плаваючим активним мулом. Отже, цей метод очищення стічних вод не тільки не потребує реконструкцій уже наявних споруд, а й дає можливість покращити якість очищеної стічної води.

Мета дослідження – обґрунтовування біотехнології очищення стічних вод шляхом гідротермічної обробки деревини з використанням іммобілізованих на волокнистому носії мікроорганізмів для підвищення ефективності очищення від органічних забруднюючих речовин і сполук фенолу та доведення якості очищених стічних вод до чинних нормативів.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили на експериментальній моделі установки для очищення стічної води з іммобілізованими організмами. Установка складається із циліндричної ємності місткістю 1,5 л, у якій установлено жорсткий сітчастий каркас із намотаним волокнистим носієм. Як носій використано розпушене синтетичне волокно, а досліджувані стічні води – суміш (1:1) міських стічних вод і модельного розчину (імітував стічні води деревообробного підприємства), отриманого з відвару кори дубу, розбавленого у 20 разів відстояною водопровідною водою. Носій з іммобілізованими мікроорганізмами попередньо отриманий шляхом витримування каркасу з волокном протягом 3 діб у стічний воді Бортницької станції аерації м. Києва. Концентрація активного мулу в стічній воді становила С = 11 г/дм^3. Зразок аерували за допомогою аератора й компресора марки Airpump ac-9901 протягом 3 годин. Для встановлення ефективності очищення стічних вод використовували стандартну методику визначення ХСК [4] з попереднім розбавленням проби в 5 разів.

Результати проведених досліджень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Показники очищення стічних вод в установці з іммобілізованими мікроорганізмами

№ проби	Час досліду, год	ХСК, мгO_2/дм^3
1	0	1300
2	2	780
3	3	710

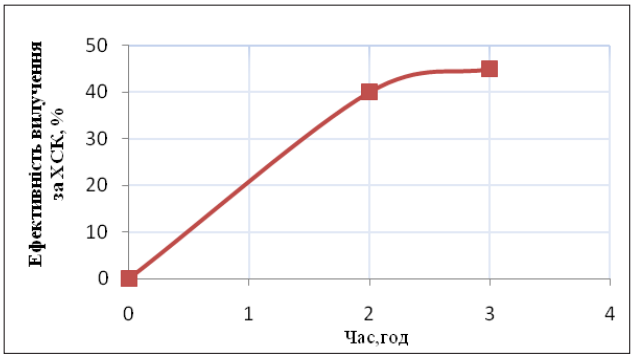


Рис. 1. Залежність ефективності очищення стічних вод за ХСК від тривалості аерації з іммобілізованим активним мулом

Як видно з рис. 1, загальний ефект вилучення забруднень за ХСК через 3 години сягав 45% за початкової концентрації 1300 мгО2/дм^3. Однак максимально ефективно очищення стічної води відбувалось протягом перших 2-х годин після встановлення волокнистого носія з іммобілізованими мікроорганізмами.

Отже, одержані під час експериментальних досліджень результати підтверджують факт, що використання установки з іммобілізованими мікроорганізмами дає змогу підвищити ефективність очищення промислових стічних вод за менший проміжок часу.

Аеробний процес використовують під час очищення промислових стічних вод з ХСК не вище за 2000 мг/дм^3.

Для цього досліду створено реактор за моделлю ідеального змішування, коли в апарат завантажується визначена порція субстрату для обробки за певний період часу. Але за одержаних показників можна стверджувати, що конструктивні доробки у вигляді волокнистого носія з іммобілізованими мікроорганізмами доцільно застосовувати й для моделі ідеального витіснення, коли субстрат проходить крізь апарат, контактуючи з мікроорганізмами лише за час протікання води від входу до виходу.

Під час використання іммобілізованих мікроорганізмів у стаціонарних умовах необхідно враховувати поступове згасання життєдіяльності мікробної асоціації через насичення середовища продуктами метаболізму. Тому при великих концентраціях забруднювача й необхідності його швидкого вилучення доцільно використовувати реактори проточного типу. Однак для цієї технології властиві такі недоліки, як вимивання мікрофлори з реактора та недостатність контакту стічної води з активним мулом.

Головні висновки. Отже, оцінено вплив іммобілізованої біомаси асоціацій мікроорганізмів з аеротенку міських очисних споруд на перебіг процесів очищення стічної води гідротермічної обробки деревини.

Експериментально підтверджено, що наявність волокнистого носія з гідробіонтами сприяє прискореному окисненню органічних речовин і сполук фенолу в стічній воді. За використання наведеної

технології ефективність очищення досягає 45% за 3 години роботи установки.

Технологічно цю технологію можна реалізовувати за попереднім нарощуванням біомаси на носії окремо від біореактора, в якому безпосередньо відбувається процес очищення. Для коректної роботи аеротенку варто періодично замінювати або очищати носії від відпрацьованої мікрофлори.

Література

1. Кривошеин Д.А., Кукин П.П., Лапин В.Л. Инженерная защита поверхностных сточных вод от промышленных стоков. Москва: Высшая школа, 2003. 344 с.
2. Гвоздяк П.И., Дмитренко Г.П., Куликов Н.И. Очистка промышленных сточных вод прикрепленными микроорганизмами. Химия и технология воды. 1985. Т. 7. № 1. С. 64–83.
3. Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: монографія. Рівне: НУВГП, 2013. 292 с.
4. Методика визначення хімічного споживання кисню (ХСК) в поверхневих і стічних водах: КНД 211.1.4.021-95. Київ: М-во охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України, 1995. 17 с.

УДК 621.311.22

ЭКОЛОГОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПЛАЗМЕННОЙ ПОДСВЕТКИ ТОПЛИВ ДЛЯ ТЕПЛОАГРЕГАТОВ

Петров С.В.[1], Забулонов Ю.Л.[2], Яшар Катирджыоглу Т.[3]
1Институт газа Национальной академии наук Украины
ул. Дегтяревская 39, 03113, г. Киев
vizana.sp@gmail.com
[2]ГУ «Институт геохимии окружающей среды
Национальной академии наук Украины»
пр. Академика Палладина, 34а, 03680, г. Киев
1952zyl@gmail.com
[3]ARTECS Anadolu R&D Technology Engineering and Consultancy Inc
Ankara, Turkey
tykatircioglu@gmail.com

Разработана и исследована система плазменной подсветки низкореакционных топлив для теплоагрегатов. Надежное и стабильное воспламенение и горение водоугольной суспензии осуществляется с расходом более 100 кг/ч при мощности плазмотрона 17,5 кВт. Обеспечивается полное выгорание углерода с выделением тепловой мощности более 290 кВт. Плазменная система является маломощным компактным модулем, вписывается в конструкцию пылеугольного котлоагрегата. *Ключевые слова:* плазменная подсветка, маломощный плазмотрон, низкореакционный уголь, водоугольная суспензия, вредные выбросы.

Екологоенергетичний аспект плазмового підсвічування низькореакційних палив для теплоагрегатів. Петров С.В., Забулонов Ю.Л., Яшар Катірджиоглу Т. Розроблена та досліджена система плазмового підсвічування низькореакційних палив для теплогрегатів. Надійне та стабільне спалахування та горіння водовугільної суспензії здійснюється з витратами понад 100 кг/год. за потужності плазмотрона 17,5 кВт. Забезпечується повне вигоряння вуглецю з виділенням теплової потужності понад 290 кВт. Плазмова система являє сбою малопотужний компактний модуль, що вписується в конструкцію пиловугільного агрегата. *Ключові слова:* плазмове підсвічування, малопотужний плазмотрон, низькореакційне вугілля, водоугольна суспензія, шкідливі викиди.

Ecologo-energy aspect of plasma lighting fuel for heat aggregates. Petrov S., Zabulonov Y., Yasar Katircioglu T. A system for the plasma lighting of low-reaction fuels for heat-generating sets was developed and investigated, when coal used in the boiler can be used as the ignition and accompanying combustion of fuel. In this study brown coal BR-1 was adopted. It is shown that reliable and stable ignition and combustion of coal-water suspension from such coal is carried out at a flow rate of more than 100 kg/hr with a 17,5 kW plasmatron power. The lifetime of electrodes of such a plasma torch is more than 1000 hours. In the plasma coal burner, complete carbon burn-out is achieved with the release of a thermal power of over 290 kW. The plasma system is a low-power compact module that fits into the design of a pulverized coal boiler and allows excluding additional high-reaction fuel - fuel oil or gas. *Key words:* plasma lighting, low-power plasmatron, low-reaction coal, water-coal suspension.

Постановка проблемы. Существует много мировых энергетических прогнозов относительно угольной отрасли, которые в основных показателях близки между собой. Баланс между энергогенерирующими секторами определяют конкретные аспекты политических мер, связанных с энергетической эффективностью угольных станций и снижением экологического ущерба от использования угля.

Из прогноза Британской нефтегазовой компании BP следует, что до 2050 года уголь будет основным источником тепловой и электрической энергии в мире, независимо от развития возобновляемых источников энергии [1]. Во многих документах, например, «Долгосрочной программе развития угольной промышленности России на период до 2030 года» говорится, что уже в скором времени доля угля должна значительно увеличиться в топливном секторе, достигнув 32 35% и т. д. Но пока это только теория. Следует учесть, что в оптимистичных прогнозах закладываются новые технологии топливоиспользования, в том числе и так называемые «технологии чистого угля», которые в настоящее время активно разрабатываются, однако проблема остается открытой.

На сегодняшний день реальность такова, что, начиная с середины 1960-х годов, пылеугольные ТЭС, которые до настоящего времени являются базовыми, достигли предела своего совершенства, определяемого законами термодинамики и свойствами материалов, из которых изготавливаются котлы и турбины. При этом за прошедшие годы одновременно существенно повысились капиталь-

ные затраты на строительство ТЭС в связи с ужесточением требований к защите окружающей среды от вредных выбросов и стоимость производства электроэнергии на угольных ТЭС значительно возросла, а их привлекательность снизилась. Главной причиной значительного повышения стоимости производства электроэнергии на угольных ТЭС, построенных в основном в 1960–1970-х годах, специалисты-теплоэнергетики обоснованно признают использование в котлах этих станций крайне неэффективной технологии факельного (пылеугольного) сжигания угля [2]. Причина в том, что для розжига пылеугольных котлов и стабилизации процессов горения (подсветки пылеугольного факела) обычно применяют природный газ или мазут, стоимость которых постоянно растет. Проблема обостряется в теплоэнергетике, где используются котлы малой и средней мощности с турбулентными вихревыми пылеугольными горелками. Для таких котлов характерны режимы с переменной тепловой нагрузкой. В этом случае практически все время требуется мазутная подсветка пылеугольных горелок и мазут становится не дополнительным, а вторым основным топливом. При таком сжигании угля содержание углерода в золошлаковых отходах достигает 20−30%. Сдерживающими факторами при использовании угля в энергетике всегда были чрезвычайно грязная технология и низкая эффективность его сжигания. Обычные, работающие на угле, энергостанции производят аномально большое количество выбросов двуокиси серы (SO_2), двуокиси азота (NO_2), главная проблема угля − пепел и микрочастицы от сжигания в отходящих газах. На стоимость тепловых электростанций на угольном топливе наибольшее влияние оказывали ужесточившиеся требования к удалению газообразных, жидких и твердых отходов. На системы газоочистки и шлако-золоудаления современных тепловых электростанций приходится 40% капитальных затрат и 35% эксплуатационных расходов. С технической и экономической точек зрения наиболее значительным элементом системы контроля выбросов является установка для очистки дымовых газов. Система газоочистки является обязательной на всех строящихся тепловых электростанциях на пылеугольном топливе и повышение её эффективности остается актуальной.

Следует отметить, что для Украины тепловые электростанции, работающие на низкосортных углях, являются базовыми [3]. Поэтому следует ожидать, что обостряющийся дефицит мазута и газа, повышение их стоимости актуализируют разработки и внедрение технологий эффективного безмазутного сжигания высокозольной низкореакционной угольной пыли. В настоящее время принято считать, что масштабные проекты с долгосрочной окупаемостью труднореализуемы, поэтому приоритет, исходя из такой логики, должен отдаваться комплексным проектам, направленным на совместную оптимизацию экономических и экологических показателей работы энергогенерирующих предприятий [4]. Уголь относительно дешев, эффективен и его много, а инновационные изменения в технологической базе энергостанций, работающих на угле, восстанавливают его привлекательность. Кроме того, альтернативы использованию угля в энергетике, особенно в развивающихся странах, на сегодня нет. Успех может иметь более чистый и эффективный процесс его сжигания. В таком ключе приложены усилия авторов.

Анализ последних исследований и публикаций. Для решения проблемы высокоэффективного использования низкосортных твердых топлив при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду в 1983 году по предложению ведущих специалистов в области плазменной техники и технологии М.Ф. Жукова, Л.С. Полака и др., поддержанному Госкомитетом по науке и технике, были начаты работы по созданию принципиально новой плазменной технологии сжигания пылевидного топлива с помощью электродуговых нагревателей газа – плазмотронов [5]. Были проведены детальные экспериментальные и теоретические исследования процессов розжига и подсветки пылеугольного факела, разработана теория термохимической подготовки топлива к сжиганию (ТХПТ) [6−9]. Впервые плазменная технология розжига была применена на Гусиноозерской ГРЭС на котлах типа ТПЕ − 215, БКЗ − 640, БКЗ-420. Эти разработки долго не получали промышленного распространения и только начали использоваться в течение последних лет на угольных электростанциях развитых стран мира. Сегодня в Китае данной технологией оснащены более 470 угольных котлов суммарной мощностью блоков более 200 млн кВт, что составляет примерно 30% от общей установленной мощности страны. Плазменный розжиг используется также в Индонезии (6 блок Индонезийской ТЭС «Суналая”, Монголии (Улан-Баторская ТЭЦ), Тайвани (1, 2 блоки Хопингской электростанции, Словакии (ТЭС «Вояны») [4]. Плазменно-топливные системы (ПТС) уже испытаны на большом количестве энергетических котлов паропроизводительностью от 75 до 670 т/ч и оборудованных различными типами пылеугольных горелок (прямоточных, муфельных и вихревых). При испытании плазменно-топливных систем сжигались угли всех сортов (бурый, каменный, антрацит и их смеси). Содержание «летучих» в них составляло от 4 до 50%, содержание золы – от 15 до 48%, и теплота сгорания была в диапазоне от 1 600 до 6 000 ккал/кг. Хотя эти станции с ПТС подключены к сети, дают электроэнергию, они должны проработать до принятия решения о тиражировании проекта после полного цикла испытаний.

Технология ПТС заключается в ударном нагреве части аэросмеси (угольная пыль + воздух) пылеугольной горелки электродуговой плазмой до температуры выхода летучих угля и частичной газифика-

ции коксового остатка. Это является достаточным при сжигании низкосортных углей (при постоянной работе плазмотрона) и позволяет осуществить растопку котла при кратковременной, необходимой для достижения растопочных параметров котла, работе плазмотрона. По разным оценкам электрическая мощность, потребляемая плазмотроном, не превышает 2,5% от тепловой мощности пылеугольной горелки, и составляет 0,3−0,5% от тепловой мощности котла. Принципиальная проблема, которая сдерживает промышленную реализацию плазменно-угольной технологии, заключается в необходимости использования достаточно мощных плазмотронов (свыше 200 кВт). Мощность плазмотрона определяется минимальными относительными затратами энергии, равными отношению тепловых мощностей плазмотрона и пылеугольной горелки, для АШ составляет 1,5−2,0%. Реальный ресурс непрерывной работы таких плазмотронов в лучшем случае составляет 200−300 часов (декларируется больший, но в реальных условиях никто его не может продемонстрировать). Такого ресурса вполне достаточно для розжига, но не для подсветки [10; 11].

Следует отметить, что с целью повышения ресурса топливно-плазменной системы проводятся исследования по использованию СВЧ-плазмотронов [3; 12], поскольку они не требуют применения специальных угольных или медных электродов, а также потому, что в них возможно создание критической концентрации электронов, т.е. к ударному термическому воздействию подключить плазмохимические эффекты. Это способствует раннему воспламенению холодной углевоздушной смеси и при относительно малых временах взаимодействия угольных частиц с плазменным факелом (~ 0,05 с) интенсивному выгоранию углеродных частиц.

Примечательно, что горение во влажной среде, которое также имеет место в водоугольном топливе при определенных условиях, сопровождается подавлением образования окислов азота. Впервые это было обосновано авторами [13], была предложена методика термодинамической оценки влияния увлажнения воздуха горения на образование оксидов азота при горении. В основу соответствующей концепции положен учет связи термодинамически равновесной концентрации в продуктах сгорания с концентрацией и температурой исходных реагентов. Опытные данные, приведенные в работе [13], с которой сравниваются результаты термодинамических расчетов, свидетельствуют о более существенном подавлении фактического выхода по мере увлажнения воздуха горения по сравнению с трендом изменения термодинамически равновесных концентраций. Соответствующие оценки требуют учета процессов переноса и горения. Результаты моделирования представлены на рис. 1 [14]. Установлено монотонное сокращение выбросов оксидов азота по мере повышения содержания в воздухе. Показано, что гидроксил является важнейшим окислительным компонентом образования .

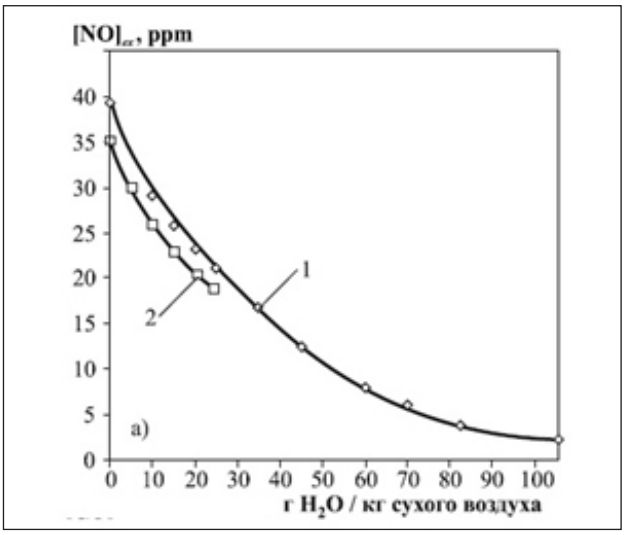


Рис. 1. Зависимости [NO] на выходе из камеры сгорания от влагосодержания воздуха. Tw = 1200K. Ta: 1 – 325K, 2 – 300K

Целью данной работы является преодоление основного недостатка плазменно дуговых систем ТХПТ, связанного с ресурсом работы плазмотрона, и обоснование возможности их применения для розжига и подсветки низкореакционой угольной пыли с экологической выгодой, а также совершенствование систем пылеудаления в отходящих газах. Основная идея развиваемого авторами подхода заключается в реализации комплексного подхода как на этапе сжигания, так и пылеудаления. Это, во-первых, умножение мощности плазмы с использованием водоугольной смеси из базового низкосортного угля до уровня мощности мазутного факела, необходимого для достижения растопочных и сопровождающих горение параметров котла. При этом используется маломощный (15–20 кВт) специальный плазмотрон с ресурсом работы медных электродов более 1 000 часов. Во-вторых, снижение в 5 и более раз уноса пыли за счет увеличения (на порядок и более) величины интенсивности турбулентности в очистной системе.

Изложение основного материала. На первом этапе разработки технологической схемы процесса была приготовлена активированная водоугольная суспензия (ВУС) в двух исполнениях из бурого угля марки БР-1, техническая характеристика которого приведена в таблице 1.

Процесс получения ВУС (исполнение 1), осуществляемый по традиционной схеме, включал следующие операции: дробление исходного угля до размера частиц 3 мм; тонкий помол угля в мельнице совместно с водной фазой и перемешивание. Для приготовления и исследования ВУС из бурого угля БР-1 использовалась лабораторная шаровая барабанная двухкамерная мельница МБЛ-100. Масса

разовой порции угля, загружаемого в мельницу − 10 кг. Соотношение угля и воды определяли по сухой массе угля таким образом, чтобы концентрация суспензии соответствовала заданному значению. В мельнице уголь измельчали преимущественно до класса 0−0,4 мм. Содержание фракции менее 50 мкм составляло ~60%. Время измельчения в мельнице − 60 минут. Концентрацию твердой фазы, полученной ВУС, определяли высушиванием при температуре 105 °С, гранулометрический состав − методом влажного фракционирования на ситах по стандартной методике. Реологические характеристики определяли на универсальном ротационном вискозиметре Rheotest RN4.1. Суспензии готовились с использованием питьевой воды и добавлением пластификатора (NaOH). Добавка вводилась на первой стадии помола совместно с водной фазой. Таким образом было получено достаточное для проведения испытаний количество ВУС со следующими характеристиками:

• содержание твердой фазы в ВУС – 52,3%;

• концентрация добавки − 0,1% в расчете на сухую массу угля;

• структурная вязкость − 0,7 Па·с;

• начальное напряжение сдвига − 12,5 Па;

• стабильность − до 30 сут.;

• предел текучести − 1,2−1,4 Па;

• низшая теплота сгорания суспензии − 10500 кДж/кг.

Стабильность готовой ВУС определяли при хранении в аккумулирующем бункере с использованием пробоотборных устройств на нескольких уровнях. При низком качестве суспензию возвращали на переработку в мельницы. После завершения этапа приготовления водоугольную суспензию из резервуара для хранения насосом подавали на сжигание в топливно-плазменную горелку.

Приготовление ВУС (исполнение 2) выполняли кавитационным измельчением угля в водной среде без применения химических присадок в дезинтеграторе мокрого помола − «ГОРИЗОНТ-3000 МК-ВА», в который подавался уголь с размером частиц не более 10 мм. Перед подачей в дезинтегратор вода проходит подготовку в роторно-импульсном аппарате РИА-150-ВУТ. Выход суспензии с заданными параметрами происходил через 1 минуту после включения аппарата. Получена ВУС с размером частиц до 50 мкм. Данная суспензия сохраняла стабильность на протяжении 5 суток. Считается, что в результате ударно-кавитационного разрушения угля в отличие от традиционных механических процессов помола в мельницах раздавливающе-истирающего действия ВУС приобретает ряд полезных свойств: 1) происходит выделение гуминовых кислот с образованием гуматов, приобретающих желеобразное состояние, что повышает устойчивость против расслоения; 2) высокая эффективность процесса сжигания при активной роли воды, нечувствительность к качеству исходного угля [15; 16].

На основе анализа существующих способов сжигания низкореакционной угольной пыли и собственных исследований были сформулированы основные принципы оптимальной системы ее воспламенения и сопровождения горения:

• предлагаемая система не должна изменять конструкцию котлоагрегата;

• наиболее сложная часть процесса – воспламенение топлива и его ТХП должна быть вынесена из топочного пространства в специальный модуль, в котором можно контролировать и управлять процессом;

• специальный модуль должен быть компактным, высоко-теплонапряженным, чтобы обеспечить надежное воспламенение топлива на начальной стадии горения, когда оно еще малореакционно;

• наличие различных видов топлива (основное и растопочное) является нежелательным, следует стремиться к использованию одного вида топлива;

Таблица 1

Техническая характеристика угля БР-1

Параметр	Значение	Метод определения
Влага (рабочее сост.)	35.00%	GOST 11014-81
Зола (рабочее сост.)	11.23%	GOST 11022-95
Зола (сухое сост.)	25.00%	GOST 6382-91
Летучие в-ва (рабочее сост.)	22.70%	
Летучие в-ва (сухое сост.)	59.50%	ISO 195796: 2006
Сера (рабочее сост.)	1.46%	
Сера (сухое сост.)	3.33%	
Низшая теплота сгорания (рабочее сост.) Kcal/kg, MJ/kg	3100 kcal/kg, 13.02 MJ/kg	ISO 1928: 2009
Высшая теплота сгорания (сухое сост.) Kcal/kg, MJ/kg	6500 kcal/kg, 27.31 MJ/kg	
Высшая теплота сгорания (сухое беззольное сост.) Kcal/kg, MJ/kg	7500 kcal/kg, 31.51 MJ/kg	

• на сегодняшний день наилучшей системой зажигания и сопровождения горения топлива явилась бы плазменная система;

• управление системой зажигания и сопровождение горения должны осуществляться автоматически при использовании процессора или компьютера.

Для реализации такого подхода в качестве растопочного и сопровождающего горение топлива может быть использован применяемый в котлоагрегате уголь, в данном исследовании принят бурый уголь БР-1. Основной проблемой при использовании ВУС, до сих пор окончательно и качественно не решенной, является его низкая реакционная способность на начальном участке горения. Поскольку активное воспламенение топлива определяет его дальнейшее горение, то эта проблема сдерживает развитие технологии водо-угольного топлива вообще. Усилия по решению проблемы стабильного и надежного сжигания водоугольного топлива должны быть направлены, в первую очередь, на интенсификацию воспламенения топлива на начальном участке горения. Задача заключается в том, чтобы за малые времена пролета частиц пыли в горелке выгорел твердый углерод и был запущен автотермический механизм горения. Воспламенение и стабилизация горения при использовании ВУС имеет свои особенности [17], которые следует учесть с применением плазменной системы. Это время обезвоживания угольной частицы, которое для размеров менее 50 мкм составит около 0,1 сек с соответствующим временем задержки зажигания в условиях термического удара плазмы. Время задержки зажигания связано с диаметром частиц и обусловлено, скорее всего, необходимостью достижения условия полного испарения воды из её пористой структуры. Для каждого характерного размера частицы ВУС есть предельные по температуре внешней среды условия зажигания. Это обусловлено ростом затрат на нагрев и испарение воды в пористой структуре частицы угля. Можно условно выделить два режима воспламенения: низкотемпературный (< 950 K) и высокотемпературный (> 950 K). Это обусловлено тем, что при более высоких температурах внешней среды прогрев частицы происходит более интенсивно. Для мелких частиц ВУС ($<0{,}4\cdot10^{-3}$ *м*) различие времен задержки зажигания несущественно. В общем случае в диапазоне температур внешней среды (Тс = 900÷1300 K) различие между временами задержки воспламенения не превышает 30%. Воспламенение происходит после полного испарения всей влаги, содержащейся в пористой структуре частиц угля, но при достаточно низких температурах поверхности. В зависимости температуры поверхности угольной частицы от времени до момента её воспламенения можно выделить три характерных участка. Первый соответствует интервалу времени прогрева частицы до температуры кипения (или близкой к ней) и означает ее полное «обезвоживание». Второй участок соответствует периоду прогрева и термического разложения сухого угля. После этого выполняется условие воспламенения ВУС и в дальнейшем температура растет до значений, соответствующих горению. Варьирование массовой доли компонент (воды и непосредственно угля) в достаточно широком диапазоне не оказывает существенного изменения условий и характеристик зажигания малых по размерам частиц водоугольной смеси.

Анализ существующих методов показывает превосходство плазменной технологии как более простой и удобной, чем розжиг с использованием растопочного топлива. Что касается влияния плазмы, то следует отметить, что общей теории протекания реакций пароплазменной газификации в неравновесных условиях, а во многих случаях даже и подхода к ней не существует. Имеющийся материал разрознен и крайне немногочислен. Здесь можно ожидать самых неожиданных проявлений. Низкотемпературная плазма атмосферного давления содержит большое количество заряженных и нейтральных активных частиц. Эти активные частицы с высокой способностью излучения энергии могут существенно ускорять химические реакции, снижая энергию активации, и осуществлять возможность проведения реакций, которые в нормальных условиях затруднительны. Экспериментальные подтверждения существенного влияния радикалов на пароплазменную газификацию угля в условиях дуговой плазмы атмосферного давления получены в работе [18]. Уголь в условиях плазмы подвергается реакциям быстрого разложения и диссоциации с выделением летучих веществ и коксового остатка, которые при дальнейшем разложении образуют большое количество активных частиц, включая $\begin{array}{l} 2C + H_2 \rightarrow 2HCCH \ \Delta H = 1\,\text{кДж/моль} \\ C + H_2O \rightarrow CH_2 + 1{,}5\,\text{кДж/моль} \end{array}$ углеводороды, возбужденные С и Н атомы и т.д. Затем образуются различные газы CO, H_2 и CO_2, благодаря сложному комплексу параллельно-цепных реакций. Такие газы, как CO_2 и H_2, преобразуются или конвертируются в CO с выделением множества активных частиц, таких как OH, H радикалы и электроны, которые принимают участие в реакциях (с 1 по 11) окисления по схеме рециклинга: $H_2O + e^* \rightarrow OH + H + e$ (1), $OH + OH \rightarrow H_2O + O$ (2), $Coal \xrightarrow{\Delta} Char + Volatile$ (3), $Volatile\ /\ Char + e^* \rightarrow C_mH_n + H + C + C_2 + e$ (4) $C + OH \rightarrow CO + H$ (5), $H + H + M \rightarrow H_2 + M$ (6), $CO + OH \rightarrow CO_2 + H$ (7), $CO + O + M \rightarrow CO_2 + M$ (8), $H + CH \rightarrow H_2 + C$ (9), $CH + O \rightarrow CO + H$ (10), $CO + e^* \rightarrow CO^+ + 2e$ (11).

В ходе проведения данной исследовательской работы была разработана, смонтирована и испытана лабораторная установка по сжиганию водоугольного топлива с плазменным зажиганием и сопровождением горения для получения исходных данных при проектировании топливно-плазменной горелки в составе котлоагрегата, работающего на низкореакционной угольной пыли. Установка включала в себя основные элементы, необходимые для обеспечения

процесса розжига и поддержки стабильного процесса горения ВУС: система хранения и регулируемой подачи ВУС; система водо- и газоснабжения; плазменная аппаратура с топливно-плазменной горелкой. Розжиг горелки и стабилизация пламени производились плазмотроном мощностью до 30 кВт (так называемый плазмотрон малой мощности). Это плазмотрон линейной схемы с двумя соосными цилиндрическими электродами и вихревой стабилизацией дуги (Рис. 2). Плазмотрон охлаждается водой. Плазмообразующим газом является воздух. При работе на воздухе среднемассовая температура плазменной струи составляла примерно 4 000 К, тепловой КПД − около 80%.

Была применена такая система плазменного воспламенения при розжиге плазменно-угольной горелки, когда плазмотрон располагался по оси жаровой трубы. Вид экспериментальной плазменно-угольной горелки (плазмотрон, совмещенный с жаровой трубой) в работе приведен на рис. 3. Плазменная струя, подведенная к корню факела распыляемого топлива, разогревала и зажигала буроугольную ВУС. На рис. 4 приведена плазменная струя при подаче ВУС.

В плазменно-угольной горелке (рис. 2) решена задача достаточно быстрого смешения поперечно подаваемого сырья и теплоносителя в минимальном объеме реакционной зоны. Смешение происходит в интенсивно соударяющихся между собой встречных струях ВУС. В этом случае столкновение струй приводит к их самодроблению и интенсивной турбулизации потока. Взаимодействие потока горячей дуговой плазмы с распыленной холодной ВУС начинается в зоне прианодной части столба электрической дуги. Оптимизация смесителя сводилась к выбору такой геометрии (диаметр и угол раскрытия канала сопла плазмотрона, диаметр и углы отверстий для подачи ВУС по отношению к оси канала плазмотрона), при которой обеспечивается равномерное распределение распыленной ВУС в канале. Количество поперечных струй – 2 либо 4. Следует отметить, что для обеспечения требуемой дальнобойности необходимо было с высокой точностью поддерживать величину гидродинамических параметров – небольшие изменения расходов или температуры приводят к весьма значительным колебаниям дальнобойности. Все это необходимо учитывать при проектировании плазмохимического смесителя.

Процесс горения ВУС в топливно-плазменной горелке (рис. 4) можно вести в двух режимах − режиме «полного выгорания» и режиме «газификации». Первый обусловлен подачей всего воздуха, необходимого для горения непосредственно на вход жаровой трубы, второй предполагает работу горелки с недостатком окислителя. Во втором случае дополнительный воздух вдувается в переходный газоход или топку котла. Таким образом, режим «газификации» предполагает ступенчатое сжигание топлива.

Геометрическая схема топливно-плазменной горелки, предназначенной для отработки указанных технических решений в лабораторных условиях, имеет две секции: плазменный модуль предгазификации, содержащий плазмотрон с форкамерой и модуль газификации/полного выгорания (жаровая труба с Dy = 150 мм) с узлом вдува вторичного воздуха. В экспериментах по газификации жаровую трубу теплоизолировали.

Процесс розжига водоугольной суспензии осуществлялся в следующем порядке. Включался плазмотрон (рис. 3) и осуществлялся прогрев форкамеры до появления светимости внутренней поверхности участка. После прогрева форкамеры потоком плазмы в течение 1,5−2 мин до температуры 700–750°С открывался кран на трубопроводе, осуществлялась подача ВУС с расходом 100−400 кг/час (рис. 4) и происходило устойчивое зажигание и стабильное горение ВУС. При работе плазмотрона были зафиксированы следующие параметры: диаметр сопла анода – 10 мм, длина форкамеры − 20 мм, внутренняя поверхность форкамеры и жаровой трубы обмурована теплоизоляционным материалом. Расход плазмообразующего воздуха G = 20 *нм³/час*, ток дуги

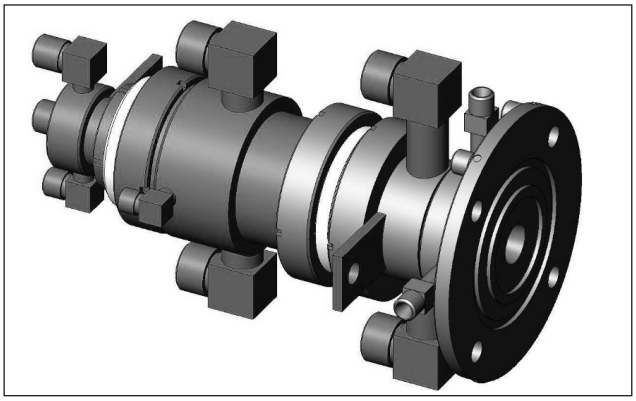


Рис. 2. Плазмотрон для топливно-плазменной горелки

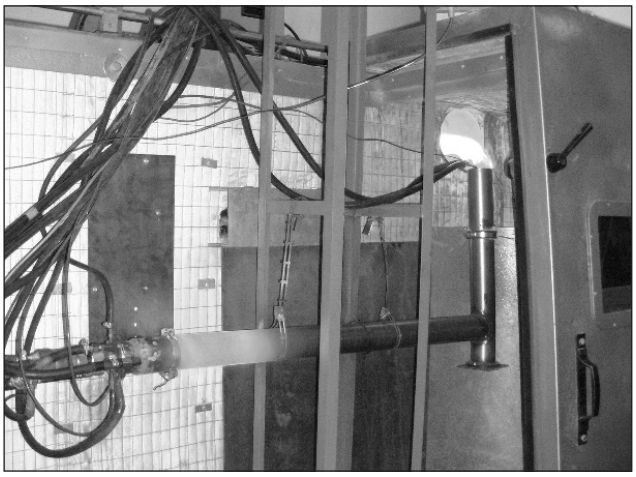


Рис. 3. Экспериментальная плазменно-угольная горелка в работе

I = 50 А, напряжение на дуге U = 350 В, мощность N = 17,5 кВт, длина начального участка плазменной струи − 15 см. Плазмотрон работал устойчиво как в режиме прогрева плазмы, так и при подаче суспензии через форсунки.

В процессе исследований подтвердились эрозионные характеристики электродов плазмотрона (рис. 2). Эрозия медного полого катода в воздушной атмосфере составляет порядка $\approx 2\cdot 10^{-9}$ кг/Кл, средний уровень эрозии анода ниже и составляет $\approx 4\cdot 10^{-11}$ кг/Кл. Эрозия медных электродов в основном определяется плотностью теплового потока, температурой поверхности и скоростью перемещения приэлектродных участков дуги. При обеспечении хорошей стабильности работы электродов сегодня можно говорить о гарантированном ресурсе в воздушной среде катода плазмотрона (рис. 2) более 1 000 часов, анода – 2 000 часов при токе 50 А и глубине срабатывания материала $1{,}5\cdot 10^{-3}$ м.

Наибольший интерес с научной и практической точек зрения при переработке ВУС в топливно-плазменной горелке представляет режим газификации. Возможность проведения процесса газификации в данной конструкции при недостатке окислителя гарантирует режим «полного выгорания». Исследованиями, выполненными в работе [19], установлено, что при температурах процесса 1500−2500 К практически единственными компонентами синтез-газа, получаемого при газификации ВУС, являются H_2 и CO. Содержание их в газовой фазе достигает 93−97%. Энергетические затраты при этом составляют 3,0−3,5 кВт·ч/кг, теплота сгорания получаемого синтез-газа при плазменной газификации составляет 11,5−12,5МДж/м^3 и на 10−30% превышает теплоту сгорания газа при парокислородной газификации. Это обусловлено повышенным содержанием водорода (H_2=50−55%) в синтез-газе, который получают при плазменной газификации угля по сравнению с содержанием водорода (H_2=35−45%) при парокислородной газификации. Для снижения энергетических затрат процесса плазменной газификации ВУС целесообразно использовать комбинированную алло-автотермическую газификацию, сочетающую плазменную ступень с традиционной автотермической ступенью газификации.

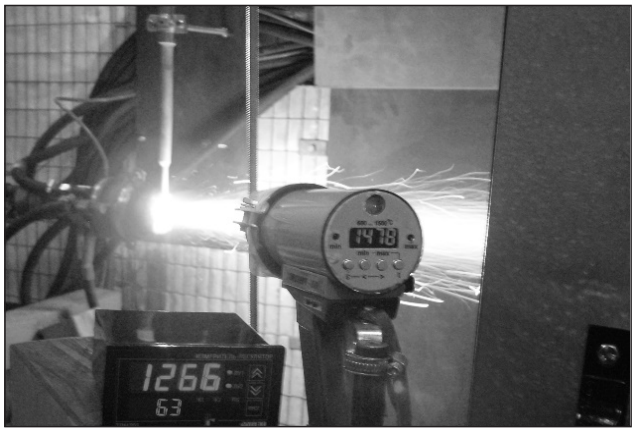


Рис. 4. Плазменная струя, подача ВУС

Лимитирующая стадия – это процесс газификации твердого углерода ВУС, что происходит за счет протекания двух основных реакций:

$$2C + O_2 \rightarrow 2CO + 218{,}8 ...кДж\ /\ моль$$
$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2 - 131{,}4 ...кДж\ /\ моль$$

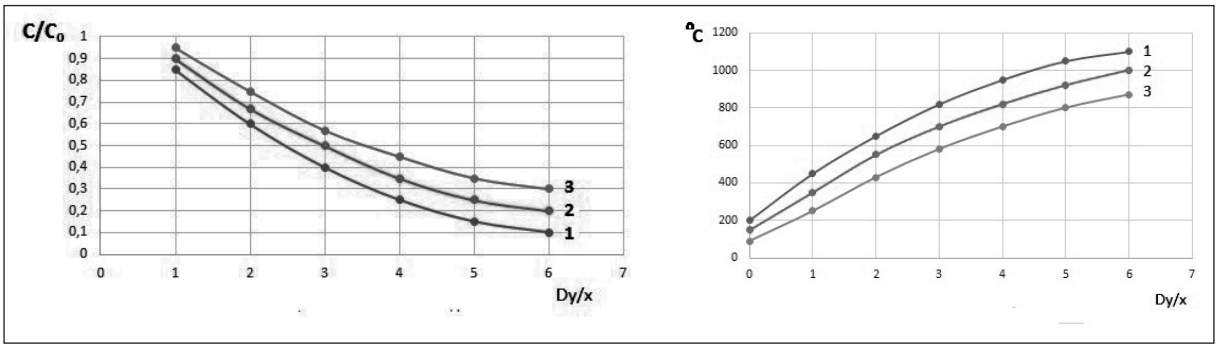
Исследования кинетической характеристики ВУС с помощью дериватографа [18] показывают, что горение происходит с высокой скоростью даже при низких температурах 300−400°С, когда заканчивается горение летучих и начинается переход к выгоранию коксового остатка. Таким образом подтверждается тезис о том, что усилия по решению проблемы стабильного и надежного сжигания ВУС должны быть направлены в первую очередь на интенсификацию воспламенения топлива на начальном участке горения. Эта задача решается с помощью плазмотрона малой мощности. Дальнейший процесс автотермического окисления будет определяться в основном разницей между количеством тепла, которое выделяется в результате первой реакции, и теплом, которое поглощается в результате второй реакции.

В результате исследований [20] подтверждено, что при распылении ВУС образуется полидисперсный поток, содержащий как чисто угольные частицы, так и водоугольные капли, имеющие в своем составе тонкие угольные частицы, окруженные жидкой фазой. Очевидно, что механизмы воспламенения и сжигания полидисперсного потока капель ВУС различны. Для проектирования новых конструкций горелок и определения оптимальных режимов работы выполнены базовые экспериментальные исследования на стенде (рис. 3) по степени среднемассового выгорания углерода по длине с соответствующим распределением температуры стенки футерованной жаровой трубы. Забор пыли осуществлялся водоохлаждаемым зондом по оси жаровой трубы. На рис. 5 приведены усредненные зависимости степени выгорания углерода (а) и распределения температуры стенки (б) по длине жаровой трубы плазменно-угольной горелки для ВУС исполнения 1. Видно, что основной выход летучих и их горение происходят в зоне подачи вторичного воздуха, где избыток воздуха очень мал (порядка 0,2−0,4), за счет тепла, излучаемого футеровкой. Горение же коксового остатка продолжается по всей длине при подаче всего воздуха необходимого для горения в жаровой трубе, и степень выгорания топлива на выходе, равная ≤90% (дальнейшее дожигание коксового остатка должно проходить в следующей секции или в топочной камере котла). Температура стенок соответствовала верхнему пределу измерения ≤1100°С. При использовании ВУС исполнения 2 степень

выгорания углерода и соответственно температура стенки повышаются приблизительно на 10%. Причина пока не понятна, но чтобы связать этот эффект с лучшей активацией угольной пыли, необходимы дополнительные исследования. Исходя из степени выгорания углерода при расходах ВУС 100–300 кг/час, можно заключить, что при использовании плазмотрона для интенсификации воспламенения на начальном участке мощностью 17,5 кВт может быть получена тепловая мощность в выходном факеле порядка 260–700 кВт.

На сегодняшний день реальность такова, что ухудшение качества топлива, моральное старение, физический износ котлов и оборудования привели к снижению КПД котлов до 80 ÷ 82% и увеличению до 40 ÷ 45% (по тепловыделению) доли природного газа или мазута. При этом дефицитное высокореакционное топливо расходуется не только на подсветку пылеугольного факела, но и на компенсацию дефицита угольной пыли, вызванного недостаточной производительностью при работе котла на топливе ухудшенного качества. Предлагаются различные варианты решения проблемы, но они в основном частичные [20]. Реальный путь повышения эффективности работы котлов прежних поколений при работе на низкосортных углях ухудшенного качества, а также полного отказа от использования остродефицитного нефтегазового топлива без кардинального изменения технологии сжигания и конструкции топочного устройства – поэтапная реконструкция существующих котлоагрегатов путем модернизации или замены существующих технологий и оборудования на комбинированные плазменные системы (рис. 6).

Исходя из того, что масштабные проекты с долгосрочной окупаемостью труднореализуемы, а оптимизация экономических и экологических показателей работы энергогенерирующих предприятий может осуществляться за счет модернизации существующего оборудования, авторами разработана инновационная нестандартная технология высо-



а) *б)*

Рис. 5. Зависимости распределения по длине жаровой трубы а- степени выгорания углерода, б – температуры стенки. 1 – расход ВУС 100 кг/час, вторичного воздуха – 150 ; 2 − расход ВУС 200 кг/час, вторичного воздуха – 300 ; расход ВУС 300 кг/час, вторичного воздуха – 450

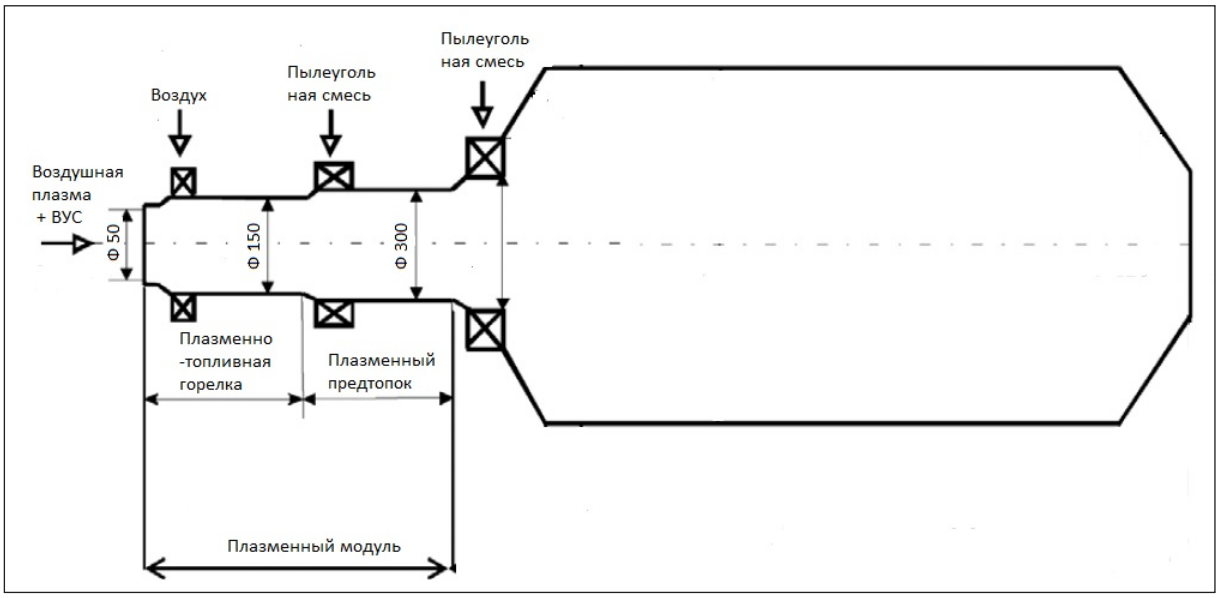


Рис. 6. Геометрическая схема плазменного модуля для розжига и подсветки пылеугольного факела

коэффективного пыле-золоулавливания. Основной идей инновационной технологии является создание с помощью генераторов турбулентности (различных плохообтекаемых тел − цилиндров, клиньев, полос) повышенной степени турбулентности газа в активной зоне взаимодействующих фаз − на струйном участке сухих циклонов, в зоне распыления жидкости в мокрых скрубберах. Разработан новый метод снижения в 5 и более раз (в зависимости от дисперсности улавливаемой пыли) уноса пыли из сухих циклонов − за счет увеличения (на порядок и более) величины интенсивности турбулентности на струйном участке циклона, расположенным в зоне вхождения газового потока в корпус циклона и характеризующимся перестройкой скорости потока, наличием условий для создания нестационарных процессов тепло- и массообмена. При этом резко возрастает интенсивность протекания процессов переноса субстанции − в том числе и осаждения частиц пыли на ограждающие поток поверхности − на стенку внутренней поверхности циклона, на поверхность движущихся к выгружному отверстию циклона «жгутов» пыли. Для мокрых аппаратов улавливания пыли (скрубберов Вентури, механических и др.) использование предложенного метода повышения степени улавливания пыли за счет увеличения (на порядок и более) величины интенсивности турбулентности в зоне взаимодействия фаз − капель жидкости, газового потока, частиц аэрозоля позволяет снизить конечную запыленность газового потока более чем в пять раз.

В зависимости от конструкции каплеуловителя золоочистной установки определяется место размещения генератора турбулентности для обеспечения максимальной величины пофракционной степени очистки. На рис. 7 приведены результаты компьютерного моделирования распределения скорости и интенсивности турбулентности потока газа в разных зонах каплеуловителя диаметром 3 200 мм (с генератором турбулентности, размещенном на расстоянии 300 мм от фланца входного патрубка) золоочистной установки МВ-УООРГРЭС котла «БКЗ-160-100ПТ.

На рис. 8 приведено распределение интенсивности турбулентности во входном патрубке каплеуловителя при оптимальном месте размещения генератора турбулентности – на расстоянии 0,2 м от фланца.

Основные результаты промышленной проверки новой системы очистки (при сжигании угля) дымовых газов парового котла «БКЗ-160-100ПТ (паропроизводительность 160 т/час) следующие: при степени очистки типового каплеуловителя – 87,75%, с генератором турбулентности – 97,7%. Снижение конечной концентрации пыли после реконструкции каплеуловителя составляет в 1,75 раза. Дальнейшее снижение выбросов золы уноса и доведением эффективности очистки до уровня 99% и выше возможно при модернизации не только каплеуловителя, а и других систем очистки (конфузора трубы Вентури, газохода перед конфузором трубы Вентури).

Перспективы использования результатов исследования. Из приведенного анализа и исследований можно заключить, что плазменная технология как более простая и удобная для розжига и сопровождения горения низкореакционных углей, чем с применением растопочного топлива, может быть рекомендована для использования в энергетике. Улучшение экономических и экологических показателей работы энергогенерирующих предприятий может осуществляться за счет модернизации существующего оборудования.

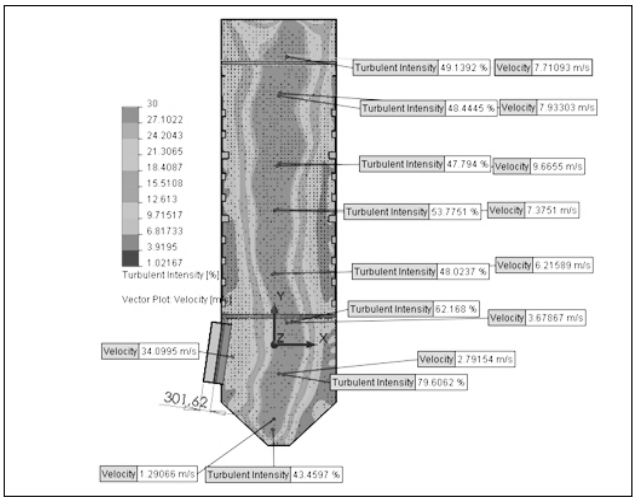


Рис. 7. Распределения скорости и интенсивности турбулентности потока газа в разных зонах каплеуловителя диаметром 3 200 мм (с генератором турбулентности, размещенном на расстоянии 300 мм от фланца входного патрубка) золоочистной установки МВ-УООРГРЭС котла «БКЗ-160-100ПТ

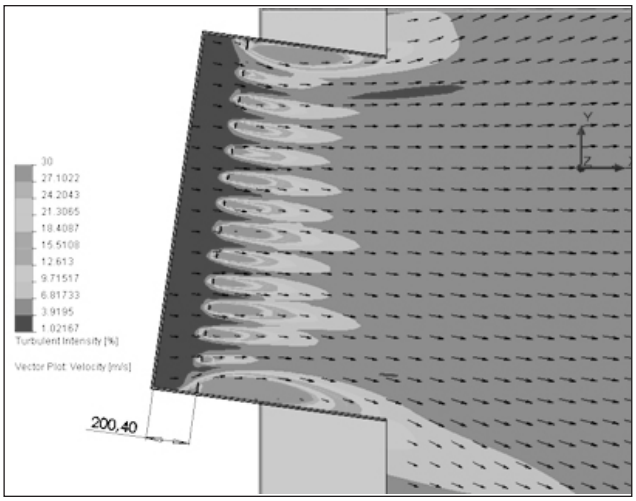


Рис. 8. Распределение интенсивности турбулентности во входном патрубке каплеуловителя при оптимальном месте размещения генератора турбулентности – на расстоянии 0,2 м от фланца

Литература

1. BP Statistical Review of World Energy June 2011. URL: https://www.bp.com/content/dam/bpcountry/de_de/PDFs/brochures/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf
2. Кравченко А. Глобальные проблемы украинской теплоэнергетики. Электрик. 2013. № 9. С. 38–41.
3. Канило П.М., Ваврив Д.М., Шунеман К., Соловей В.В., Костюк В.Е., Костенко К.В. Альтернативные технологии сжигания низкореакционных углей в теплоэнергетических установках без дополнительного использования мазута или природного газа. Авиационно-космическая техника и технология. 2006. № 10 (36). С. 82–90.
4. Karpenko E. I., Karpenko Yu. E., Messerle V. E., Ustimenko A. B. Using Plasma-Fuel Systems at Eurasian Coal-Fired Thermal Power Stations. Thermal Engineering. 2009. № 6 (56). P. 456−461.
5. Тимошевский А.Н., Засыпкин И.М., Ващенко С.П., Комарицын В.К. Применение систем плазменного воспламенения угольной пыли в котлах Таштагольской производственно-отопительной котельной. Новости теплоснабжения. 2002. № 1 (17). С. 14–21.
6. Плазменная безмазутная растопка котлов и стабилизация горения пылеугольного факела / Под. ред В.Е. Мессерле. Новосибирск: Наука. 1996, 415 с.
7. Жуков М.Ф. Плазмохимическая переработка угля. М.: Наука, 1990. 315 с.
8. Жуков М.Ф., Калиненко Р.А., Левицкий А.А., Полак Л.С. Плазмохимическая переработка угля. М.: Наука, 199. 200 с.
9. Карпенко Е.И., Мессерле В.Е. Плазменно энергетические технологии топливоиспользования. Новосибирск: Наука, 1998, 385 с.
10. Kalinenko R.A., Kuznetsov A.P., Levitsky A.A., Messerle V.E., Mirokhin Yu.A., Polak L.S., Sakipov Z.B., Ustimenko A.B. Pulverized Coal Plasma Gasification. Plasma Chemistry and Plasma Processing. 1993. №1 (13). P. 141−167.
11. Петров С.В., Литовкин В.В. К вопросу о применении плазмы для эффективного сжигания низкореакционных углей. Энергетика и электрификация. 2005. № 3. С. 36–40.
12. Казанцев В.И., Ваврив Д.М., Канило П.М., Расюк Н.И., Шунеман К., Грицаенко С.В., Тымчик А.В., Мессерле А.В. Исследование СВЧ-плазменной технологии сжигания низкосортных углей. Теплоэнергетика. 2002. № 12. С. 39–44.
13. Hermann F., Klingmann J., Gabrielsson R. Computational and Experimental Investigation of Emissions in a Highly Humidified Premixed Flame. Proceedings of 2003 ASME Turbo Power for Land, Sea & Air. June 16–19, 2003. Atlanta, Georgia, US. GT 2003−38337.
14. Сорока Б.С., Згурский В.А. Моделирование процессов переноса и образования вредных выбросов при сжигании природного газа с воздухом, увлажненным в цикле Майсоценко. Современная наука. Исследования, идеи, результаты, технологии. 2013. № 1 (13). С. 403–409.
15. Yun, Zengjie, Guoguang Wu, Xianliang Meng, Yuliang Zhang, Frank Shi, Yaqun He, and Xiaoqiang Luo. A Comparative Investigation of the Properties of Coal–water Slurries Prepared from Australia and Shenhua Coals. Mining Science and Technology. 2011. № 3 (21). P. 343–347.
16. Морозов А.Г. Гидроударные технологии в производстве водоугольного топлива. Энергобезопасность и энергосбережение. 2010. № 2 (32). С. 12–15.
17. Сыродой С.В. Термическая подготовка и зажигание частиц водоугольного топлива применительно к топкам котельных агрегатов. дис… канд. техн. наук: 05.14.14. Томск, 2014. 130 с.
18. Xiaojun He, Tengcai Ma, Jieshan Qiu, Tianjun Sun, Zongbin Zhao, Ying Zhou and Jialiang Zhang. Mechanism of coal gasification in a steam medium under arc plasma conditions. Plasma Sources Science and Technology. 2004. № 13. P. 446–453.
19. Булат А.Ф., Шумриков В.В., Алымов Б.Д., Холявченко Л.Т., Васильев Л.М. Плазменная газификация водоугольных топлив. Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. ИГТМ НАН Украины. 2006. Вып. 67. С. 185−196.
20. Syed Muzammil, Waqas Ahmed BE., Fattah Moin Jah. Coal Water Slurry in Energy Sector. International Conference on Engineering Sciences, Institute of Chemical Engineering & Technology, University of Punjab. 2012. URL: https://www.researchgate.net/publication/221705161_Coal_Water_Slurry_in_Energy_Sector.
21. Glushkov D., Strizhak P., Vershinina K. (2015). The Research of Coal-Water Slurry Fuel Ignition and Artificial Composite Liquid Fuel Droplets in Academic Context. XV International Conference “Linguistic and Cultural Studies: Traditions and Innovations”, LKTI 2015, 9−11 November, Tomsk, Russia. P. 295–300.
22. Шуваева Н.М., Борисенко О.М., Борисенко О.А. Повышение эффективности подготовки к факельному сжиганию низкореакционных углей Украины. Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. 2005. № 36. С. 124–129.

УДК 620:621.31

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ АЕС НА ДОВКІЛЛЯ

Азаров С.І.[1], Сидоренко В.Л.[2], Задунай О.С.[3]
[1]Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України
пр. Науки, 47, 03680, м. Київ
azarovsi@i.ua
[2]Інститут державного управління у сфері цивільного захисту
вул. Вишгородська, 21, 04074, м. Київ
generals2007@i.ua
[3]Державний науково-дослідний інститут спеціального зв'язку
та захисту інформації
вул. Максима Залізняка, 6, 03142, м. Київ
a.zadunaj@gmail.com

Розглянуто основні фактори негативного впливу АЕС на довкілля: атмосферне повітря, водні та земельні ресурси. Розглядаються питання необхідності подальшого вдосконалення законодавства в сфері використання атомної енергії для забезпечення екологічної безпеки, що виключає негативний вплив на людину і навколишнє середовище. *Ключові слова:* атомна енергія, законодавство в сфері атомної енергетики, екологічна безпека.

Анализ факторов техногенного воздействия АЭС на окружающую среду. Азаров С.И., Сидоренко В.Л., Задунай А.С. Рассмотрены основные факторы негативного воздействия АЭС на окружающую среду: атмосферный воздух, водные и земельные ресурсы. Рассматриваются вопросы необходимости дальнейшего совершенствования законодательства в области использования атомной энергии для обеспечения экологической безопасности, исключающей негативное влияние на человека и окружающую среду. *Ключевые слова:* атомная энергия, законодательство в сфере атомной энергетики, экологическая безопасность.

Analysis of factors of technogenic impact of NPP on environment. Azarov S., Sydorenko V., Zadunai O. The main factors of the negative impact of the NPP on the environment are considered: atmospheric air, water and land resources. The issues of the necessity of further improvement of the legislation in the field of using nuclear energy for ensuring environmental safety, excluding negative impact on people and the environment, are considered. *Key words:* nuclear-power, legislation in the sphere of nuclear energy, ecological safety.

Постановка проблеми. В сучасних умовах під час формування рішень ыз функціонування і розвитку атомної енергетики країни вагомим чинником стають екологічні обмеження та вимоги як на вітчизняному рівні, так і зумовлені міжнародними зобов'язаннями. Впровадження жорстких нормативних обмежень на викиди забруднюючих радіоактивних речовин для АЕС на рівні вимог Європейського Союзу, збільшення платежів за викиди забруднювачів та введення штрафів за їх наднормативні обсяги, а також підхід ЄС до обмеження чи заборони роботи атомних об'єктів, що не задовольняють екологічним вимогам, потребує проведення економічно та регуляторно виважених заходів із забезпечення виконання цих вимог з урахуванням поточного стану генеруючих потужностей, надійності, наявності інвестиційних та матеріальних ресурсів.

Наявність таких різновекторних процесів, а саме: з одного боку, об'єктивна тенденція до зростання енерговиробництва на АЕС, а з другого боку, збільшення питомих витрат на одиницю виробленої енергії призводить до посилення протиріччя між виробництвом та споживанням енергії з одночасним зростанням негативного впливу на навколишнє природне середовище (НПС).

Актуальність дослідження. Існує багато причин екологічних проблем в атомній енергетиці України, серед них особлива увага приділяється таким:

1) зношеність основних фондів промислової інфраструктури;

2) наявна система державного управління у сфері охорони навколишнього природного середовища, регулювання використання природних ресурсів, відсутність чіткого розмежування природоохоронних та господарських функцій;

3) недостатня сформованість інститутів громадянського суспільства;

4) недостатнє розуміння в суспільстві пріоритетів збереження НПС та переваг сталого розвитку;

5) недотримання природоохоронного законодавства.

Означені проблеми посилюються відсутністю державної стратегії підвищення екобезпеки в сфері використання атомної енергії, дієвих екологозахисних важелів впливу на енерговиробництво та впровадження систем екологічного моніторингу навколо АЕС, міст і територій. Тому питання охорони НПС у процесі експлуатації АЕС у сучасних умовах є особливо актуальним для України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Над проблемою дослідження безпеки АЕС працює багато вітчизняних і закордонних спеціалістів та науковців. Різні аспекти та окремі підходи до дослідження цієї проблеми висвітлено у чисельних працях [1–3], але через те, що цей процес є безперервним, постійним і надзвичайно актуальним, дослідження тривають. Необхідно зазначити, що для такого ядерно-радіаційно небезпечного об'єкта, як АЕС, комплексний аналіз безпеки за допомогою кількох критеріїв до цього не виконувався.

Аварії на Чорнобильській АЕС (1986) і на АЕС Fukushima-Daiichi (Японія) стали поштовхом для перегляду філософії оцінки безпеки ядерних установок, концентрації зусиль міжнародної спільноти щодо інтенсивного обміну досвідом та сучасними національними досягненнями у галузі безпечного використання ядерної енергії, підготовки низки фундаментальних конвенцій під егідою МАГАТЕ, на яких нині будується міжнародний режим забезпечення ядерної та радіаційної безпеки.

Метою статті є розкриття аспектів, що сприяють обмеженню шкідливого впливу викидів і стоків АЕС на НПС та здоров'я людини.

Виклад основного матеріалу.

Стан та сценарії розвитку ядерної енергетики України.

Нині в Україні експлуатуються 15 енергоблоків загальною встановленою потужністю 13,835 ГВт на чотирьох АЕС (Запорізька, Рівненська, Хмельницька та Південноукраїнська АЕС), оператором яких є Державне підприємство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом»» (ДП НАЕК «Енергоатом»).

Загальна частка виробництва електроенергії АЕС серед усіх електростанцій Об'єднаної енергосистеми України становить майже 50%, що зумовлює важливість стійкого прогнозованого розвитку атомної енергетики в Україні. Виробництво електроенергії на АЕС України здійснюється з використанням водо-водяних енергоблоків (ВВЕР), проектною потужністю 440 МВт (ВВЕР-440) та 1000 МВт (ВВЕР-1000).

Основну частку потужностей у вітчизняній атомній енергетиці було збудовано у 80-х рр. минулого століття. Після 2000 р. були добудовані три атомних реактори: 6-й на Запорізькій, 2-й на Хмельницькій та 4-й на Рівненській АЕС. За умови роботи енергоблоків виключно протягом нормативного терміну – 30 років, до 2030 р. було б необхідно вивести з експлуатації 13 з 15 енергоблоків АЕС. Як свідчить вітчизняний та світовий досвід, термін роботи енергоблоків, побудованих за проектами другої половини минулого сторіччя, можна збільшити шляхом проведення відповідного комплексу заходів із подовження терміну їх експлуатації. Залежно від технічного стану енергоблока, особливостей його експлуатації найбільш імовірним терміном подовження є 10 років із можливістю подальшого подовження ще на 10 років, тобто максимальний термін подовження становить 20 років (табл. 1).

За вихідними проектами, термін експлуатації діючих енергоблоків із реакторними установками (РУ) типу ВВЕР-440, ВВЕР-1000 становить 30 років. Цей термін для РУ водо-водяного типу під тиском встановлювався на підставі суттєво консервативних оцінок, на рівні знань та експлуатаційного досвіду 70−80-х рр. минулого століття. Проте нинішні оцінки та світова практика свідчать про потенційну можливість продовження безпечної експлуатації таких РУ у понадпроектні терміни. У 2010 та 2011 рр. вичерпалися проектні терміни експлуатації енергоблоків № 1 і № 2 РАЕС загальною потужністю 0,835 ГВт; прийнято рішення про продовження їх експлуатації на 20 років. У 2013−2019 рр. закінчуються проектні терміни експлуатації 10 енергоблоків загальною потужністю 10 ГВт, а в 2025 р. − ще одного енергоблока потужністю 1 ГВт.

Нині проектні 30-річні терміни експлуатації 12 з 15 енергоблоків діючих АЕС близькі до закінчення. Водночас світовий досвід показує, що фактичний термін служби основних конструкцій та обладнання АЕС може бути продовжений після заміни їх окремих елементів.

Ключовими напрямами стратегічного планування, що визначають основну відмінність можливих сценаріїв розвитку ядерно-енергетичного комплексу на період до 2030 р. і подальшу перспективу, є продовження терміну експлуатації діючих АЕС та перспективне будівництво в ядерній енергетиці.

Правовими підставами продовження термінів експлуатації енергоблоків є положення Закону України від 08.09.2005 р. № 2861-IV «Про порядок прийняття рішень про розміщення, проектування, будівництво ядерних установок і об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, які мають загальнодержавне значення», вимоги чинних норм, правил та стандартів з ядерної та радіаційної безпеки:

– НП 306.2.141-2008. Загальні положення безпеки атомних станцій;

– НП 306.2.099-2004. Загальні вимоги до продовження експлуатації енергоблоків АЕС у понадпроектний строк за результатами здійснення періодичної переоцінки безпеки.

Зважаючи на попередні оцінки стану енергоблоків АЕС та світового досвіду експлуатації аналогічних РУ, згідно зі стратегічним плануванням розвитку ядерної енергетики України, можна розглядати 6 сценаріїв розвитку ядерного енергетичного комплексу [1–4]:

1) три сценарії з продовженням експлуатації енергоблоків на 15 років після закінчення 30-річного терміну, передбаченого вихідними проектами, згідно з чинною «Енергетичною стратегією України на період до 2030 року»;

2) три сценарії з продовженням експлуатації енергоблоків на 20 років після закінчення 30-річного терміну, передбаченого вихідними проектами, згідно з проектом «Оновлення Енергетичної стратегії України до 2030 року», представленим Міненерговугіллям України у 2013 р.

До 2030 р. планується спорудження та введення в експлуатацію нових ядерних енергоблоків сукупною встановленою потужністю:

2 ГВт (енергоблоки №№ 3, 4 ХАЕС) – за песимістичним сценарієм розвитку енергетики України;

5 ГВт (енергоблоки №№ 3, 4 ХАЕС та 2–3 енергоблоки на нових майданчиках) – за базовим сценарієм розвитку енергетики України;

7 ГВт (енергоблоки №№ 3, 4 ХАЕС та 3–5 енергоблоків на нових майданчиках) – за оптимістичним сценарієм розвитку енергетики України;

початок спорудження нових ядерних енергоблоків на заміну старих енергоблоків, що будуть виведені з експлуатації після 2030 р.

Плануються також роботи з підготовки чинних енергоблоків до зняття з експлуатації після завершення додаткового періоду їх експлуатації.

Аналіз негативних впливів АЕС на довкілля.

Атомні станції внаслідок накопичення у процесі експлуатації значної кількості радіоактивних продуктів і наявності принципової можливості виходу їх, у разі аварії, за передбачені межі являють собою джерело потенційної небезпеки або джерело ризику радіаційного впливу на персонал, населення і НПС. Ступінь радіаційного ризику прямо залежить від рівня безпеки АЕС, який є однією з основних властивостей РУ, що визначають можливість їх використання як джерела теплової та електричної енергій.

Фактори впливу АЕС на довкілля можна розподілити на дві групи – це фактори безпосереднього впливу (прямої дії) та фактори опосередкованого (непрямого) впливу. До факторів безпосереднього екологічного впливу належать такі, що пов'язані з експлуатацією самих об'єктів і систем електроенергетики, а до опосередкованих – такі, що виникають при створенні умов для функціонування цих об'єктів (наприклад, вплив на довкілля під час видобування та транспортування палива, що поставляється на АЕС, у процесі виготовлення електроенергетичного обладнання).

До факторів безпосереднього впливу АЕС на НПС належать:

– відчуження територій під енергетичні об'єкти;

– механічні порушення земельних ресурсів;

– теплове забруднення повітряного басейну і водного середовища;

– утворення твердих, рідких і газоподібних радіоактивних відходів (РАВ);

– виникнення акустичних чинників та шумів;

– утворення зон підвищеної напруженості електромагнітного поля від ліній електропередачі і електричних підстанцій;

– зволожуюче забруднення повітряного басейну;

– використання водних ресурсів і скиди забруднюючих речовин у водне середовище та ґрунт;

– зміни ландшафту при спорудженні АЕС, у тому

Таблиця 1

Стан ядерної енергетики України

АЕС	№	Тип реактора	Встановлена електрична потужність, ГВт	Дата пуску	Зняття з експлуатації при продовженні терміну роботи, роки		
					0	10	20
Запорізька	1	ВВЕР-1000	1	1984	2014	2024	2034
	2	ВВЕР-1000	1	1985	2015	2025	2035
	3	ВВЕР-1000	1	1986	2016	2026	2036
	4	ВВЕР-1000	1	1987	2017	2027	2037
	5	ВВЕР-1000	1	1989	2019	2029	2039
	6	ВВЕР-1000	1	1995	2025	2035	2045
Південно-українська	1	ВВЕР-1000	1	1982	2012	2022	2032
	2	ВВЕР-1000	1	1985	2015	2025	2035
	3	ВВЕР-1000	1	1989	2019	2029	2039
Рівненська	1	ВВЕР-440	0,402	1980	2010	2020	2030
	2	ВВЕР-440	0,416	1981	2011	2021	2031
	3	ВВЕР-1000	1	1986	2016	2026	2036
	4	ВВЕР-1000	1	2004	2034	2044	2054
Хмельницька	1	ВВЕР-1000	1	1987	2017	2027	2037
	2	ВВЕР-1000	1	2004	2034	2044	2054

числі вирубка лісів, вилучення із сільськогосподарського оберту орних земель, лугів;

– вилучення територій (під будівлі, ставки-охолоджувачі, канали, дороги тощо). У табл. 2 наведено дані про питоме вилучення земельної площі для цілей енергетичного господарства АЕС.

Таблиця 2

Питоме вилучення земельної площі для цілей

Об'єкт	Одиниці виміру	Питома землеємність
Ставки-охолоджувачі спеціального призначення	км²/ГВт·рік	3,0
Ставки-охолоджувачі багатоцільового призначення	км²/ГВт·рік	30,0
Ставки-хвостосховища	км²/ГВт·рік	0,02
Повітряні лінії електропередач 500 кВ	км²/км	0,1–0,2

Атомна енергетика загалом з урахуванням відходів, що скидаються у природне середовище обслуговуючими її підприємствами інших галузей, не може вважатися екологічно абсолютно чистою. У процесі роботи АЕС утворюються тверді, рідкі та газоподібні РАВ. Твердими відходами АЕС є частини демонтованого обладнання, відпрацьовані фільтри, сміття тощо. Рідкими відходами є залишки після випаровування радіоактивних вод, дезактиваційні розчини тощо. Усі радіоактивні газоповітряні потоки технологічного та вентиляційного походження піддаються попередньому очищенню.

У процесі роботи АЕС використовується велика кількість води для охолодження конденсаторів турбін. При цьому через нижчі параметри пари, застосовувані в атомних реакторах типу ВВЕР, що використовуються на українських АЕС, від турбін доводиться відводити значно більше теплоти, ніж на ТЕС. За порівняно однакової потужності електростанцій витрати води на охолодження конденсаторів АЕС більші, ніж на ТЕС. У разі використання на АЕС ставків-охолоджувачів їхня поверхня також має бути більшою. Збільшується в цьому разі і кількість земель, що відводяться під водойми. Отже, АЕС мають більші масштаби використання природних водних і земельних ресурсів, ніж звичайні ТЕС на органічному паливі. За умови нормальної експлуатації АЕС не спричиняють істотних змін природного радіоактивного фону. При встановлених припустимих рівнях впливу ядерної енергетики на гідросферу та наявних методах контролю скидів діючі типи ядерних енергетичних установок не являють собою погрози порушення локальних і глобальних рівноважних процесів у гідросфері та її взаємодії з іншою складовою частиною географічної оболонки Землі. Разом із тим у процесі експлуатації АЕС можливі викиди радіоактивних аерозолів і витоки води, що містять радіоактивність.

Процес експлуатації АЕС супроводжується комплексним негативним впливом на НПС та людину за різними факторами і категоріями, тому ці об'єкти належать до категорії екологічно небезпечних та потребують постійної уваги та контролю. Наприклад, у 2012 р. доля галузі в сумарних викидах хімічних забруднюючих речовин, що надходять від стаціонарних джерел на території України, становить 0,25%, у скидах забруднених стічних вод – 0,6%, в обсязі утворених відходів виробництва та споживання – 0,5%.

Теплове забруднення водного середовища зумовлено кількістю об'єму води, що використовується для охолодження обладнання та систем (табл. 3).

Таблиця 3

Водоспоживання АЕС для виробництва електроенергії

Параметр	Станція			
	ЗАЕС	РАЕС	ПУАЕС	ХАЕС
Водоспоживання, м³/рік	9,7·109	5,2·109	6,3·109	3,9·109
Ліміт, м³/рік	10,4·109	5,5·109	6,4·109	4,1·109

Характерними рисами такого впливу є постійна та всезростаюча інтенсивність, багатоплановість (одночасний вплив на різні компоненти довкілля: атмосферу, гідросферу, літосферу, біосферу), різноманітність (відчуження територій, порушення природних ландшафтів, хімічне та радіоактивне забруднення, теплові, радіаційні, акустичні та інші фізичні впливи) та масштабність (прояв не лише в локальному і регіональному, а й у глобальному масштабі) (рис.).

Техногенний вплив АЕС на довкілля можна розподілити за такими категоріями:

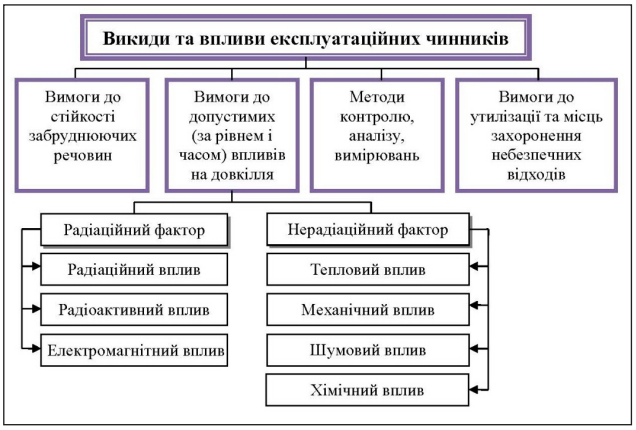


Рис. Структура класифікації завдань стандартизації щодо викидів та експлуатаційних впливів АЕС

– забруднення повітря радіоактивними речовинами і сполуками, за їх впливом на людське здоров'я, флору, фауну тощо;

– зміна природного режиму водовикористання та негативний вплив на якість води через теплове, радіоактивне і хімічне забруднення;

– зміна природного режиму землевикористання через розміщення електростанцій та електричних мереж, вивезення та складування відходів, включаючи тверді, рідкі та ядерні відходи.

Експлуатація АЕС чинить значний антропогенний вплив на НПС за кількома напрямами: викид тепла (теплове забруднення), газоаерозольні викиди в атмосферу, напрацювання великої кількості відпрацьованого ядерного палива (ВЯП), твердих та рідких РАВ тощо. У процесі роботи реактора АЕС сумарна активність матеріалів, що діляться, збільшується в мільйони разів.

З точки зору радіоактивного забруднення середовища працюючими у штатному режимі АЕС, першорядний інтерес становлять газоаерозольні викиди у 2015 р. (табл. 4) як такі, що менш за все контролюються після їх виникнення.

Таблиця 4

Обсяг газоаерозольних викидів АЕС, МБк/рік

Р/н	Станція			
	ЗАЕС	РАЕС	ПУАЕС	ХАЕС
^{137}Cs	4,52	2,9	3,1	1,7
^{134}Cs	3,2	1,6	2,3	0,3
^{60}Co	3,7	1,1	1,9	0,8

У реакторі будь-якої АЕС з уранового палива шляхом поділу атомів утворюються близько 300 різних радіонуклідів, з яких більш ніж 30 потрапляють в атмосферу. Серед них йод-129 (період напіврозпаду 16 млн років), цезій-137 (33 роки), криптон-85 (10 років), кобальт-60 (5,27 року), цезій-134 (2 роки), ксенон-133 (5,27 діб) та ін. З перелічених радіонуклідів особливу увагу треба приділити криптону-85, який є практично чистим бета-випромінювачем, напрацювання якого на кілька порядків вище від усіх інших радіонуклідів, що впливає на зміну геофізичних параметрів Землі (електропровідність атмосфери).

Згідно з даними екологічних звітів за роки, що аналізувались, перевищення встановлених контрольних та припустимих рівнів викидів в атмосферу на АЕС не зареєстровано, що говорить про налагоджену роботу всіх бар'єрів очистки на шляху виходу радіоактивних речовин з активної зони реактора в атмосферу.

Обсяги надходження радіоактивних речовин у водойми-охолоджувачі АЕС у 2015 р. наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Обсяги надходження радіоактивних речовин у водойму-охолоджувач АЕС, МБк/рік

Р/н	Станція			
	ЗАЕС	РАЕС	ПУАЕС	ХАЕС
^{137}Cs	26,9	5,8	12,8	2,7
^{90}Sr	3,4	1,3	2,1	НЧ
^{60}Co	2,2	1,5	0,9	НЧ

НЧ – нижче чутливості методу вимірювання.

Для реакторів ВВЕР реалізується відкритий ядерний технологічний цикл: ВЯП зберігається на АЕС у водному середовищі в приреакторних басейнах витримки та окремих сховищах ВЯП; переробка ВЯП не здійснюється. Накопичення РАВ на АЕС пропорційно виробленню електроенергії. Окрім твердих відходів, накопичуються менш активні рідкі відходи. Обсяг рідких відходів може сягати 60 000 м^3/рік на енергоблоках із реактором ВВЕР-1000 та 30 000 м^3/рік на енергоблоках із реакторами ВВЕР-440.

Основним видом твердих РАВ є тверде паливо, що має оновлюватись на 1/3 щороку. Як правило, більша частина твердих та рідких відходів зберігається в спеціально обладнаних на АЕС сховищах. Нині всі наявні сховища РАВ заповнені на 80–90%. Таким чином, відбувається накопичення відходів у густозаселеній країні. Незначний вільний об'єм сховищ дає змогу забезпечити роботу АЕС з твердими відходами протягом 5 років, із рідкими – 8 років. Збільшення кількості відходів, що зберігаються на проммайданчиках АЕС, ускладнює радіаційний стан та знижує екологічну безпеку територій розміщення атомних енергетичних об'єктів. Доцільно зазначити, що вартість переробки та захоронення 1 м^3 рідких відходів може сягати 8–10 тис. доларів.

Відкритим та нині не вирішеним питанням є накопичення ВЯП та утилізація РАВ, оскільки із загальної кількості РАВ кожен рік перероблюється та утилізується дуже незначна кількість щодо кількості утворюваних АЕС. Вирішенням цієї проблеми є розробка способу (відпрацювання процесу) зберігання та остаточної ізоляції від навколишнього середовища РАВ.

Негативні впливи на НПС у процесі експлуатації АЕС різноманітні. Зазвичай говорять, що мають місце радіаційний фактор впливу (радіоактивне і радіаційне забруднення), нерадіаційній фактор впливу (хімічне та фізичне забруднення) та інші фактори техногенного впливу експлуатації АЕС на об'єкти навколишнього середовища.

Радіоактивне забруднення – перевищення природного рівня вмісту радіоактивних речовин (радіонуклідів) у довкіллі або перевищення рівня іонізуючого випромінювання над фоновим рівнем. Радіаційна безпека – дотримання допустимих меж радіаційного впливу на населення та НПС, встановлених нормами, правилами та стандартами з безпеки.

Під нормами, правилами і стандартами з радіаційної безпеки розуміються критерії, вимоги й умови забезпечення безпеки під час використання ядерної енергії. Вони приймаються з урахуванням рекомендацій міжнародних організацій у сфері використання ядерної енергії. Дотримання норм, правил і стандартів із радіаційної безпеки є обов'язковим під час здійснення будь-якого виду діяльності у сфері використання ядерної енергії. З урахуванням зазначених норм, правил і стандартів визначаються заходи щодо забезпечення:

а) захисту населення, середовища їх перебування, персоналу ядерних установок, джерел іонізуючого випромінювання від радіаційного впливу;

б) радіаційної безпеки при поводженні з ядерними матеріалами й експлуатації ядерних установок;

в) безпеки при поводженні з РАВ.

Безпосередньо ці заходи на законодавчому рівні визначаються низкою законів України [5–7].

В умовах виникнення аварійних ситуацій АЕС можуть перетворитися на джерело реальної радіаційної загрози безпеці життєдіяльності людей як на окремих територіях, так і на місцевому або регіональному рівні. Найбільш істотні нерадіаційні фактори:

- локальний механічний вплив на рельєф при будівництві;
- витік поверхневих і ґрунтових вод, що містять хімічні компоненти;
- зміна характеру землекористування та обмінних процесів у безпосередній близькості від АЕС;
- зміна мікрокліматичних характеристик прилеглих районів.

Виникнення могутніх джерел тепла у виді градирень, водойм-охолоджувачів при експлуатації АЕС, звичайно, помітним образом змінює мікрокліматичні характеристики прилеглих районів. Рух води в системі зовнішнього тепловідводу, скидання технологічних вод, що містять різноманітні хімічні компоненти, впливають на популяції, флору і фауну екосистем. Природні екосистеми мають широкий спектр фізичних, хімічних і біологічних механізмів нейтралізації шкідливих і забруднюючих речовин. Однак при перевищенні значень критичних надходжень таких речовин можливе настання деградаційних явищ – ослаблення виживаності, зниження репродуктивних характеристик, зменшення інтенсивності росту, рухової активності. В умовах живої природи, постійної боротьби за ресурси така втрата життєстійкості організмів загрожує втратою ослабленої популяції, за якої може розвитися ланцюг втрат інших взаємодіючих популяцій [8].

Вплив електричних мереж на довкілля визначається впливом електричного поля, використанням земельних ресурсів, порушенням природних ландшафтів. Електричне поле високовольтних ліній електропередачі (ЛЕП) – це шкідливий, біологічно активний фактор, що впливає на людину і довкілля. Мережа ЛЕП, що складається з повітряних високовольтних ЛЕП та електричних підстанцій, до складу яких можуть входити: розподільні пристрої, перетворювачі електроенергії, трансформатори, випрямлячі та інші пристрої і споруди, є джерелом електромагнітного випромінювання. Найбільш характерними екологічними проблемами, з якими доводиться зіштовхуватися під час проектування та будівництва ЛЕП, є такі: відчуження та вилучення земель, вирубка лісових насаджень, обмеження господарської діяльності в зоні відчуження землі для ЛЕП, шкідливий вплив електромагнітного поля надвисокої та ультрависокої напруги на біосферу, виникнення радіоперешкод, акустичні шуми, створювані ЛЕП, погіршення роботи засобів зв'язку, погіршення естетичного сприйняття ландшафту в місцях проходження трас ЛЕП. Лінії електропередачі, підстанції, пристрої та, насамперед, ЛЕП створюють у НПС електричне поле, напруженість якого знижується мірою віддалення від них. Електричне поле, залежно від його рівня, може здійснювати шкідливий вплив на людину.

До вдосконалення аналізу екологічного стану в процесі експлуатації АЕС необхідно віднести таке [9–11]:

1) проведення об'єктивної та комплексної екологічної експертизи і паспортизації АЕС, створення алгоритму і екологічного паспорту. Реконструкція АЕС має здійснюватись з урахуванням висновків ретельної екологічної експертизи, що має базуватись на прямих вимірюваннях показників та розрахунках характеристик та режимних параметрів. Екологічна експертиза має проводитись із метою визначення якісних та питомих кількісних енергетичних і екологічних характеристик РУ та АЕС загалом, їх відповідність допустимим нормам та проведення оцінки негативного впливу на НПС із точки зору оцінки наслідків порушення екологічної рівноваги;

2) здійснення розробки і впровадження на АЕС сучасних систем екологічного моніторингу [12]. Екологічний аналіз та моніторинг еколого-економічних характеристик експлуатації обладнання РУ як комплексний захід має базуватися на використанні нормативно-правової бази з урахуванням наявного екологічного стану НПС поблизу АЕС;

3) розробка положень системного екологічного аналізу стану АЕС на відповідність сучасним вимогам з екологічної безпеки і енергетичної ефективності як всередині країни, так і порівняно з вимогами МАГАТЕ та директив і регламентів Європейського Співтовариства. Контроль та комплексний аналіз стану АЕС на відповідність сучасним вимогам з екологічної безпеки має базуватися на принципах: багаторівневості; узгодженості нормативного, правового, методичного, технічного і програмного забезпечення; комплексності і відкритості екологічної інформації;

4) конче потрібне розроблення пропозицій щодо оптимізації експлуатації енергетичного обладнання

РУ та впровадження нових сучасних екологозахисних технологій, приладів та установок у конкретних схемах експлуатації АЕС;

5) з метою інтеграції України в Європейську Спільноту та забезпечення відповідності експлуатації АЕС вимогам МАГАТЕ і директив Європейського Союзу необхідно вдосконалити проведення системного і систематичного екологічного менеджменту. Екологічний менеджмент має спиратися на екологічний паспорт АЕС та систематизовані дані екологічного моніторингу як окремих агрегатів та установок, так і об'єкта загалом.

Реалізація запропонованих п'яти основних заходів дасть змогу забезпечити розробку і впровадження нормативно-правових інструментів реалізації екологічного аналізу як експлуатації чинних АЕС.

Рекомендації з удосконалення державної політики в галузі забезпечення екологічної безпеки АЕС.

Використання атомної енергії в сучасних умовах є науково обґрунтованим і стійким лише у разі забезпечення екологічної безпеки.

Завдяки функціонуванню об'єктів атомної енергетики можливе також підвищення конкурентоспроможності щодо інших галузей енергетики, що працюють на органічному паливі, або використовують вітрову і сонячну енергію. Суттєве значення має комплексне правове забезпечення діяльності об'єктів атомної енергетики, що визначається парадигмою сталого розвитку.

До 1995 р. в Україні взагалі не було законів, що встановлюють правову основу і принципи безпеки при використанні атомної енергії, які захищають життя, здоров'я, майно громадян і НПС від можливих негативних впливів використання атомної енергії. Однак упродовж останніх років у цій галузі відбулися значні зміни. Прийнято і працюють базові закони, що регулюють використання атомної енергії в країні [13–16]. Той факт, що в нормативному правовому масиві збільшилася питома вага законів (раніше в правовому регулюванні переважали підзаконні акти – урядові та відомчі), варто зазначити як позитивне явище. Тенденція до прийняття законодавчого регулювання відносин має служити фактором послідовної реалізації конституційного принципу поділу влади і побудови в Україні правової держави.

Водночас наявне правове забезпечення діяльності в галузі використання атомної енергії не можна визнати задовільним, таким, що повною мірою забезпечує інтереси розвитку ядерного енергетичного комплексу країни. По-перше, основні законодавчі акти, що регулюють питання використання атомної енергії, зокрема, закони про використання атомної енергії і про радіаційну безпеку населення, вимагають подальшого розвитку, внесення змін і доповнень в ті норми, які нині вже не відповідають інтересам галузі та не забезпечують її ефективного функціонування. По-друге, проведення сучасних економічних і організаційних реформ і подальший розвиток правової системи країни, потребують узгодження з ними норм атомного законодавства, ставлячи перед останніми нові завдання (зокрема, розвиток форм власності та організаційно-правових форм організацій атомної енергетики, а також правового режиму їх майна; ліцензування видів діяльності з атомної тематики; державне регулювання тощо). По-третє, існують певні теоретико-правові проблеми здійснення державного регулювання та контролю за забезпеченням екологічної безпеки атомної енергетики, наприклад, що стосуються поєднання ДП НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ» адміністративно-розпорядчих, контрольних функцій і елементів його правового статусу.

Нині детального нормативного регулювання вимагає проблема забезпечення екологічної безпеки в процесі використання атомної енергії. Як відомо, атомна енергетика є однією з небагатьох галузей людської діяльності, в якій прогнозування наслідків прийнятих проектних, конструкторських і технологічних рішень, а також наслідків дій обслуговуючого персоналу можливе лише засобами математичного моделювання фізичного експерименту.

Прямі фізичні «експерименти» типу аварії на ЧАЕС у Чорнобилі з оціненим збитком понад 200 млрд доларів знову і знову підтверджують обмеженість наших знань про природу виникнення і протікання важких аварій, недосконалість застосовуваних методів математичного моделювання результатів таких фізичних «експериментів».

Основний фактор екологічної небезпеки АЕС – можливість радіоактивного забруднення довкілля внаслідок аварійних техногенних викидів при роботі атомних РУ. Забруднення території України радіоактивними викидами при аварії на Чорнобильській АЕС не має аналогів ані за масштабами, ані за глибиною екологічних, соціальних і економічних наслідків. Унаслідок аварії було забруднено близько 12 млн га, з яких 8,4 млн га − сільськогосподарські угіддя. Крім того, донедавна нормативна база, що регламентує питання прогнозування можливих негативних наслідків, пов'язаних з експлуатацією АЕС, була далека від досконалості.

У післячорнобильський час з'явилося розуміння важливості аналізу невизначеностей у прогнозних оцінках екологічної безпеки. Тоді кинулися удосконалювати розрахункові коди, оснащувати АЕС додатковою вимірювальною та діагностичною апаратурою, удосконалювати наявні і створювати нові системи забезпечення ядерної безпеки, з'явилися перші тренажери для навчання персоналу. Однак такий підхід і системний аналіз мають супроводжувати процес використання атомної енергії не за фактом, а ще на етапі планування нових АЕС. У зв'язку з цим позитивне значення для забезпечення екологічної безпеки на об'єктах атомної енергетики може мати рецепція (з урахуванням української специфіки)

німецького досвіду щодо діяльності «екологічних уповноважених» на ядерних об'єктах. В українських умовах ефективне функціонування цього інституту має забезпечуватися комплексом правових, організаційних та фінансових заходів, що передбачають призначення цих осіб із числа провідних фахівців у галузі атомного та екологічного права, незалежність їх статусу і достатні фінансові гарантії діяльності «екологічних уповноважених».

Аналіз правових норм і принципів розвитку атомної енергетики в Україні, а також співвідношення із законодавством розвинених країн у цій галузі (США, Франція, Німеччина) показав доцільність включення в систему спеціальних настанов принципу обережності, що відображає аналіз небезпек і оцінку ризиків, іншого несприятливого впливу на НПС у процесі прийняття нормативних актів у цій сфері. Тоді реалізація такого підходу забезпечить безпечне використання атомної енергії при здійсненні Енергетичної стратегії України на період до 2030 р., затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України [4].

З огляду на наведене розпорядження, основними цілями правового регулювання у сфері атомної енергетики є:

– всебічний розвиток атомної енергетики (використання атомної енергії) для задоволення потреб народного господарства, науки і техніки;

– забезпечення радіаційної і ядерної безпеки осіб, що працюють із радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань, і всього населення;

– охорона НПС від можливого в результаті розвитку атомної енергетики радіоактивного і теплового забруднення;

– нейтралізація інших побічних негативних факторів, що можуть виникати під час виробництва та використання атомної енергії.

Варто підкреслити, що атомне право є комплексною галуззю і містить норми різних галузей права, в тому числі екологічного права (в частині охорони НПС від радіоактивного забруднення), і потребує подальшого розвитку та вдосконалення. Варто також зазначити, що зміна законодавства в сфері атомної енергетики неминуче тягне за собою перетворення і в інших галузях права (адміністративній, кримінальній тощо).

Історичні особливості розвитку нашої країни, високий рівень корупції та незначна увага до проблем екологічної безпеки показують, що в Україні необхідно всіляко посилювати екологічний контроль за об'єктами атомної енергетики. Такий контроль повинен мати максимально відкритий характер із метою недопущення зловживань та інших серйозних порушень. Цієї мети можна досягти шляхом залучення видатних екологів і фахівців з охорони навколишнього середовища для проведення незалежного контролю за дотриманням норм екологічного законодавства на АЕС.

Ефективне виконання цього завдання сприятиме підвищенню рівня довіри суспільства до атомної енергетики, що, своєю чергою,, призведе до виключення в майбутньому цілого ряду проблем, пов'язаних із будівництвом нових та модернізацією чинних АЕС. Це також суттєво знизить ризики виникнення позаштатних ситуацій і посилить контроль із боку керівництва АЕС і ДП НАЕК «Енергоатом» загалом за екологічною безпекою на об'єктах атомної енергетики.

Таким чином, головне завдання екологічної політики, що проводить нині держава, полягає не в умінні діяти після аварій на підприємствах атомної галузі, а в пошуку можливостей уникнення таких аварій. Для виконання поставленого завдання необхідно зосередити зусилля на таких основних напрямах:

1) вдосконалення державного управління та координації робіт у сфері безпечного використання атомної енергії, включаючи питання організації перевезень ядерних матеріалів, радіоактивних речовин і виробів на їх основі, розвитку культури безпеки на об'єктах використання атомної енергії з урахуванням міжнародної практики;

2) вдосконалення державного регулювання безпеки у процесі використання атомної енергії, включаючи питання нормативного регулювання, державного контролю і нагляду за ядерною і радіаційною безпекою, підвищення ефективності ліцензійної діяльності та експертиз із безпеки в цій галузі, зокрема створення механізмів для проведення всебічної експертизи безпеки АЕС;

3) посилення захисту АЕС від можливого впливу небезпечних чинників техногенного та природного характеру, а також терористичних проявів, включаючи вдосконалення систем і засобів фізичного захисту об'єктів використання атомної енергії, підвищення їх проти диверсійної і антитерористичної стійкості;

4) кадрове забезпечення всіх видів робіт, що стосуються діяльності з використання атомної енергії і впливають на забезпечення безпеки, включаючи вдосконалення системи професійного відбору, підготовки, перепідготовки, підвищення кваліфікації з використанням сучасних генетичних, психофізіологічних і медичних методів діагностики стану здоров'я персоналу, що здійснює діяльність у сфері використання атомної енергії;

5) ліквідація та утилізація ядерно та радіаційно небезпечних об'єктів, експлуатація яких за функціональним призначенням припинена, ВЯП і РАВ та реабілітація радіаційно забруднених ділянок територій;

6) вдосконалення системи попередження надзвичайних ситуацій на АЕС і системи реагування на радіаційні аварії;

7) подальший розвиток міжнародного співробітництва в галузі ядерної, радіаційної та екологічної безпеки, попередження надзвичайних ситуа-

цій, організації аварійної готовності та аварійного реагування.

Нині Україна знаходиться на етапі, що вимагає прискорених і стійких темпів інноваційного розвитку атомної галузі. Це відповідає загальносвітовій проблемі збільшення енергоспоживання при одночасному зниженні негативного впливу на довкілля. Тому зростає роль нормативно-правового регулювання, перш за все, безпечного використання атомної енергії.

Головні висновки. Екологічна політика країни в сфері використання атомної енергії має бути спрямована на стабілізацію і поліпшення стану НПС шляхом інтеграції екологічної політики до соціально-економічного розвитку України для гарантування екологічно безпечного природного середовища для життя і здоров'я населення, впровадження екологічно збалансованої системи природокористування та збереження природних екосистем.

Для забезпечення екологічно безпечного використання АЕС треба:

• посилити роль екологічного управління в системі державного управління України з метою досягнення рівності між економічним, екологічним і соціальним розвитком;

• врахувати вплив екологічних наслідків під час прийняття управлінських рішень;

• розробити заходи для запобігання надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, що передбачає державний моніторинг НПС;

• забезпечити екологічну безпеку і підтримку екологічної рівноваги на території України;

• участь громадськості та суб'єктів господарювання у формуванні та реалізації природоохоронного законодавства;

• застосовувати покарання за порушення законодавства про охорону НПС;

• гарантувати надання державної підтримки та стимулювання вітчизняних суб'єктів господарювання, що здійснюють модернізацію виробництва, спрямовану на зменшення негативного впливу на НПС.

Література

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р із змінами і доповненнями, внесеними розпорядженням Міністерства палива та енергетики України від 26 березня 2008 р. / Кабінет Міністрів України. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN38530.html (дата звернення: 12.02.2018).
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 1071-р / Кабінет Міністрів України. URL: http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1071-2013-%D1%80/paran4#n4 (дата звернення: 17.12.2017).
3. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р / Кабінет Міністрів України. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80/paran6#n6 (дата звернення: 12.02.2018).
4. План розвитку Об'єднаної енергетичної системи України на 2016–2025 роки (проект). URL: https://ua.energy/wp-content/uploads/2016/12/Proekt-Planu-rozvytku-OES-Ukrayiny-na-2017-2026-roky.pdf (дата звернення: 11.12.2017).
5. Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання: Закон України від 14 січня 1998 р. / Верховна Рада України. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/15/98-%D0%B2%D1%80 (дата звернення: 22.01.2018).
6. Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення: Закон України від 24 лютого 1994 р. № 4004-XII. Відомості Верховної Ради України. 1994. № 27. Ст. 218.
7. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25 червня 1991 р. № 1264-XII / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. 1991. № 41. Ст. 546.
8. Матвєєва І.В., Азаров С.І., Кутлахмедов Ю.О., Харламова О.В. Стійкість екосистем до радіаційних навантажень: монографія. Київ: НАУ, 2016. 394 с.
9. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23 травня 2017 року № 2059-VIII / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради. 2017. № 29. Ст. 315.
10. ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Київ, 2003. 40 с.
11. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року: Закон України від 21 грудня 2010 року № 2818-VI / Верховна Рада України.
12. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2818-17 (дата звернення: 05.03.2018).
13. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля: Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 / Кабінет Міністрів України. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF (дата звернення: 19.02.2018).
14. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку: Постанова Верховної Ради України від 18 лютого 1995 р. № 40/95- ВР / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. 1995. № 12. Ст. 81.
15. Про поводження з радіоактивними відходами: Закон України від 30 червня 1995 р. № 255/95-ВР / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. 1995. № 27. С. 198.
16. Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії: Закон України від 11 січня 2000 р. № 1370-XIV / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. 2000. № 9. Ст. 68.
17. Про цивільну відповідальність за ядерну шкоду та її фінансове забезпечення: Закон України від 13 грудня 2001 р. № 2893-III / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. 2002 № 14. Ст. 96.

УДК 502.43

ЗАСТОСУВАННЯ ЕМ-ПРЕПАРАТІВ ЯК ОДНОГО З МОЖЛИВИХ МЕТОДІВ ДООЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВА ПИВОВАРІННЯ ВІД НІТРАТІВ

Трохименко Г.Г., Магась Н.І., Ахмедова В.Р.
Національний університет кораблебудування імені адм. Макарова
пр. Героїв України, 9, 54025, м. Миколаїв
nataly.magas@gmail.com
antr@ukr.net
veronika.akhmedova@gmail.com

У роботі проведено аналіз ступеня очистки стічних вод підприємства «САН Ін БЕВ Миколаїв» за різними компонентами на усіх етапах очищення. Досліджено препарати на основі ефективних мікроорганізмів. Визначено ефективність використання ЕМ-препарату «Тамір» для доочищення стічних вод від нітратів. *Ключові слова:* методи очищення стічних вод, органічне забруднення, ефективні мікроорганізми, очисні споруди.

Применение эм-препаратов как одного из возможных методов доочистки сточных вод пивоваренного предприятия от нитратов. Трохименко А.Г., Магась Н.И., Ахмедова В.Р. В работе приведена оценка анализа степени очистки сточных вод предприятия «САН Ин БЕВ Николаев» по разным компонентам на всех этапах очистки. Исследовано препараты на основе эффективных микроорганизмов. Определена эффективность применения ЭМ-препарата «Тамир» для доочистки точных вод от нитратов. *Ключевые слова:* методы очистки сточных вод, органыческое загрязнение, Эффективные микроорганизмы, очистные сооружения.

Application of em-products as one of the possible methods of brewery waste water from the nitrates. Trokhymenko H., Mahas N., Akhmedova V. The paper shows the evaluation of wastewater purification degree on enterprise "SUN In Bev Nikolaev" in different components at all stages of treatment. Was studied effective microorganisms-preparations. Was determined the efficiency of EM-preparation "Tamir" for wastewater cleaning from nitrates. *Key words:* methods of waste water treatment, organic pollution, effective microorganisms, sewage treatment plants.

Постановка проблеми. Одна з найбільш нагальних проблем України – забруднення водного басейну. Значна частина українців нині споживає неякісну питну воду. Головною причиною цього є антропогенне забруднення водойм [1]. Досить гострою проблемою є надмірна концентрація нітратів у поверхневих та підземних водах. Нітрати у концентраціях, що перевищують норми, є небезпечними як для водозабезпечення населення, так і є причиною незворотних негативних процесів біоценозів водойм. Міські каналізаційні системи низької потужності, застарілі, тому більшою мірою не справляються з сучасним навантаженням. Способи очищення на комунальному підприємстві міста не розраховані на сьогоднішні об'єми та концентрації забруднювачів. Отже, проблема видалення нітратів як основного показника, що перевищує норми ГДС, є надзвичайно актуальною, особливо для підприємства такої галузі, як пивоваріння [1; 2].

Актуальність дослідження та зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Стічні води підприємств харчової промисловості відрізняються високими концентраціями органічних забруднень (жири, білки тощо). Для таких вод характерні високі рівні забруднення органічними речовинами (ХСК до 5−7 тис. мг/л), зважених часток (до 2 тис. мг/л) та інших забруднювачів. Скид таких стічних вод у каналізаційні системи недопустимий [3; 4]. Дуже гостро ця проблема стоїть для підприємств, що споживають воду у великих кількостях для власних потреб. Об'єм стічних вод, що утворюються в процесі виготовлення пива (від промивки обладнання, та інших операцій), на сучасному пивоварному заводі становить, як правило, 4−7 л на 1 л виготовленого пива [5; 6].

Підприємство «САН Ін Бев Миколаїв» − лідер пивоваріння в країні постійно оновлює обладнання з метою вдосконалення. Незважаючи на те, що система водоочищення розроблялася та будувалася за сучасними нормами та вимогами, концентрація нітратів при скиді у міську систему каналізації є досить високою. Отже, пошук методів видалення сполук азоту з мінімальною шкодою для середовища є надзвичайно актуальним [7].

Наведені у статті матеріали є результатами досліджень, виконаних авторами відповідно до державних науково-технічних програм та напрямів розвитку науки і техніки, які були відображені у таких документах: загальнодержавній «Програмі розвитку водного господарства» до 2013 р., «Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 р.», регіональній програмі «Розвиток водного господарства Миколаївської області на період 2013 – 2021 рр.» та інших нормативно-законодавчих документах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні недоліки сучасних методів очищення води від нітратів [1]:

• каталітичне хімічне відновлення – використання спеціальних органічних відновників, що робить процес дорожчим та може сприяти повторному забрудненню води;

• при адсорбційному очищенні води утворюється велика кількість твердих відходів, метод є низько ефективним;

• у результаті відновлення нітратів електролізом утворюються токсичні сполуки – нітрити та аміак;

• для методу очищення води іонним обміном треба досконально вивчити процеси регенерації іонітів при очищенні від біогенних сполук, хоча він є одним із найефективніших;

• при електродіалізі та зворотньому осмосі існує проблема утилізації концентратів;

• біологічний метод є достатньо широко застосовуваним, однак із ним часто виникають складнощі, як і на цьому підприємстві міста Миколаєва;

• серед біотехнологічних методів очищення, використання ЕМ-препаратів для видалення нітратів досі мало досліджувалось (ЕМ – ефективні мікроорганізми). Основний недолік – специфічні умови використання, проте метод є одним із найдешевших та найпростіших [2; 4].

Це досить нова японська технологія, яка отримала визнання і серйозно впроваджується як частина своєї національної політики в багатьох країнах світу [8–10].

ЕМ-препарат являє собою концентрат у вигляді рідини. Виробництво його здійснюється у великих ємностях як результат культивації більш ніж 80 видів мікроорганізмів. Відібрані мікроорганізми належать до 10 видів, своєю чергою, представляють 5 родин і включають як аеробні, так і анаеробні різновиди. Це одна з відмінностей препарату. ЕМ є продуктом співіснування двох груп мікроорганізмів із протилежними умовами життєдіяльності (кисневе та безкисневе середовище).

Базовим препаратом групи ЕМ є препарат «Байкал ЕМ-1», який рекомендований для очищення каналізаційних стоків та компостування органічного осаду. Поряд із базовим препаратом «Байкал ЕМ-1» створений інший біопрепарат «Тамір», який протягом останніх років почали використовувати для очищення стічних вод [11].

Метою статті є визначення ступеня очищення стічних вод підприємства «САН Ін БЕВ Миколаїв» від сполук азоту на різних етапах процесу біологічного очищення та аналіз можливості застосування технології ефективних мікроорганізмів для доочищення води.

Виклад основного матеріалу. Локальні очисні споруди біологічної очистки призначені для очищення виробничих і побутових стоків Миколаївського відділення ПАТ «САН Ін Бев Миколаїв» і забезпечення нормативних показників стоків для відведення в міські каналізаційні мережі.

Режим роботи очисних споруд − цілодобовий. Число робочих днів у році − 365. Кількість змін − 3. Кількість обслуговуючого персоналу − 3 людини в зміну. Проектована продуктивність очисних споруд становить 4950 м^3/добу. Гарантований склад стоків після очистки для скидання в міську каналізацію:

– ХСК <600 мгО^2/дм^3;
– БСК <240 мгО^2/добу;
– зважені речовини <318 мг/л;
– нітрит <0,9 мг/дм^3;
– азот амонійний <20 мг/дм^3;
– нітрати <28,0 мг/дм^3;
– РН 6,5−9,0, що відповідає нормативам та дає змогу скидати стоки в міську каналізацію.

Технологічна схема очищення стічних вод розроблена і представлена фірмою «CUSS» (Німеччина).

До складу очисних споруд входять: каналізаційні насосні станції, барабанні фільтри, резервуар-зосереджувач, нейтралізатор, тонкошарові відстійники, метан реактор, аеротенк, мулоущільнювач, повітродувки, устаткування для приготування розчинів реагентів, склади реагентів і вапна, виробнича будівля, будівля вузла очищення біогазу, котельня (рис. 1).

Незважаючи на це, на підприємстві існує проблема забруднення стічних вод нітратами, що призводить до значних витрат на доочищення на міських каналізаційних системах.

Сполуки азоту надходять на очисні споруди пивзаводу переважно у вигляді амонійного азоту, азоту нітратів, азоту нітритів і азоту, зв'язаного в органічних сполуках.

Співвідношення масових концентрацій різних форм азоту постійно змінюється і залежить від стадії переробки стічних вод. Зміна складу відбувається також у процесі транспортування стічних вод на міські очисні споруди.

Велика кількість нітратів (до 50 мг/л і вище) утворюється шляхом перетворення амонійного азоту в процесі нітрифікації.

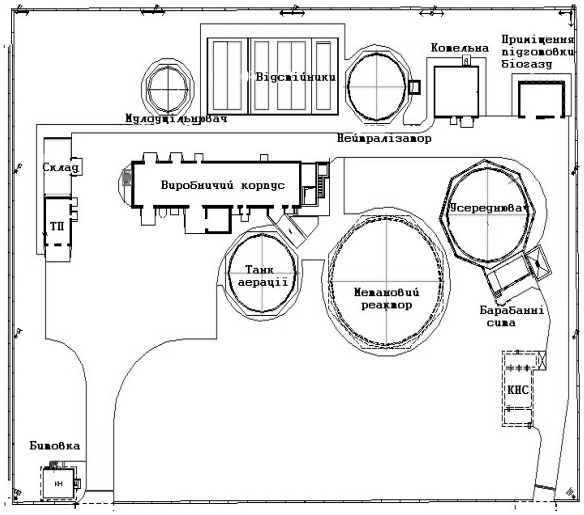


Рис. 1. Схема очисних споруд підприємства

Вміст органічного азоту в стічних водах не є постійною величиною. При надходженні стічних вод вміст органічного азоту може сягати 50−70% сумарної кількості сполук азоту, а в результаті процесів, що протікають при транспортуванні, на виході частка органічного азоту знижується до 10−15% [5].

Матеріали та методи дослідження. Як метод технологічного контролю вмісту нітратів застосовували фотометричне визначення (з саліцилатом натрію). Може використовуватись колориметричний метод із тестовим комплектом. В обох випадках визначенню заважає присутність в аналізованій пробі забарвлених речовин, а також нітрит-іона. Вимірювання нітрит-іона при технологічному контролі, як правило, не є обов'язковим, адже вміст його у стічних водах незначний. За необхідності визначення масових концентрацій нітрит-іона проводять за методикою з реактивом Грісса [13].

Загальний азот (неорганічний) визначається як сума сполук азоту в формі амоній-, нітрат– і нітрит-іона. Хімічні методи визначення неорганічного азоту відсутні, значення цього показника розраховувалось математично як сума азоту амонійного, азоту нітратів і азоту нітритів [7]. Загальний азот аналітично визначався методом каталітичного окислення різних форм азоту до оксидів за методикою вимірювань, представленій у ДСТУ ISO 6778:2003 Якість води. Визначення амонію. Потенціометричний метод (ISO 6778-1984, IDT) [13].

Аналіз вмісту загального азоту проводили за методом К'ельдаля (сума органічно пов'язаного азоту і амонійного азоту) з подальшим застосуванням титриметричниго і фотометричного методів [7].

Виклад основного матеріалу. Заміри концентрації азотних груп у стічних водах підприємства проводились протягом трьох місяців 2016 р. Результати представлені далі на графіках.

Найбільша концентрація нітратного азоту після стадії аеробного очищення (рис. 2).

Концентрація загального азоту найбільша в зосереджувачі та анаеробному реакторі (рисунок 3).

Найвищий рівень амонійного азоту після анаеробного реактора, що видно на рисунку 4.

У стічних водах вміст нітрит-іонів незначний (здебільшого менше 1 мг/л), адже нітрит-іон зазвичай не утворює стабільних азотних зв'язків і з'являється на очисних спорудах як «проміжна фаза» при переході до нітрат-іона (рис. 5).

Для проведення досліду з очищення стічних вод ЕМ-препаратами використовувався робочий розчин, що виготовився з концентрату «Тамір». Першою стадією виготовлення робочого розчину є підготовка препарату для активації – у розведенні 1:100. Після активації мікроорганізмів для очищення стічних вод ступінь

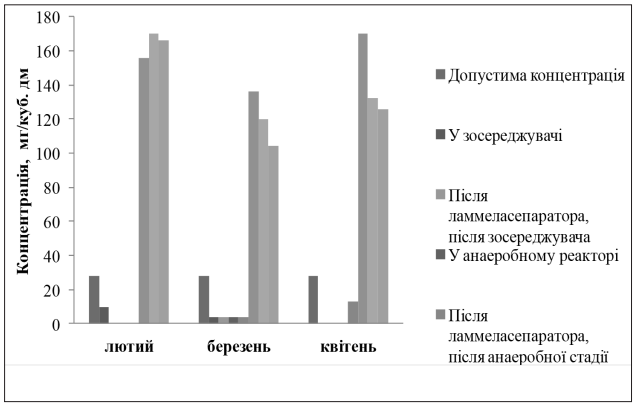


Рис. 2. Концентрація нітратного азоту на різних стадіях процесу очищення води

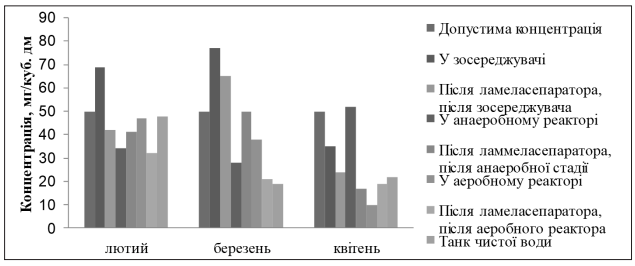


Рис. 3. Концентрація загального азоту на різних стадіях процесу очищення води

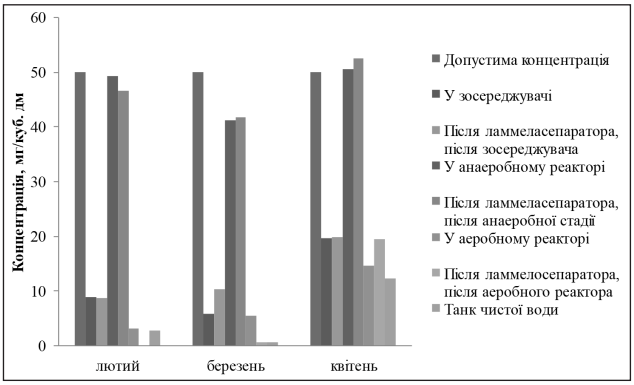


Рис. 4. Концентрація амонійного азоту на різних стадіях процесу очищення води

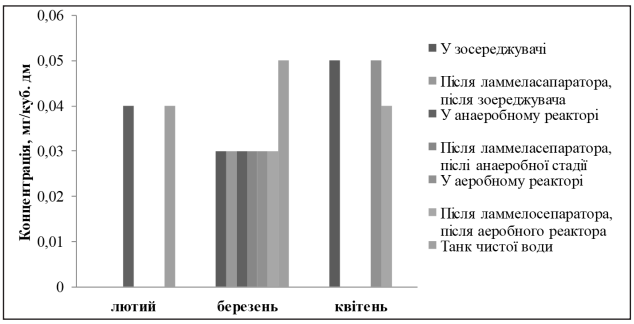


Рис. 5. Концентрація нітритів на різних стадіях процесу очищення води

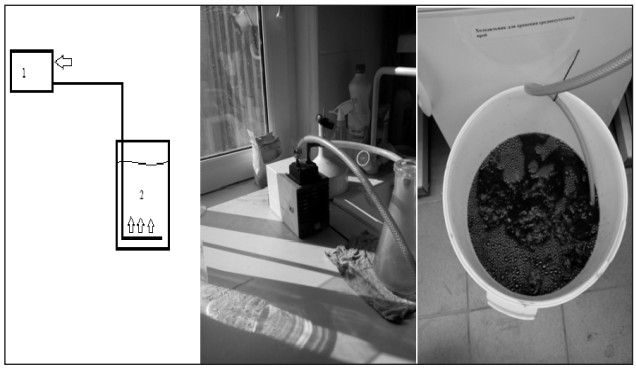


Рис. 6. Установка для проведення експерименту: 1 – компресор, 2 – ємність для проведення дослідження з придонною аерацією

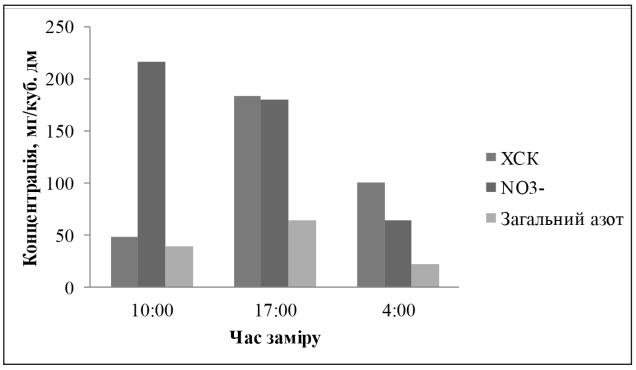


Рис. 7. Зміна концентрації азотних сполук при використанні ЕМ-препарату «Тамір»

розведення розчину має бути 1:800. При проведенні експерименту робочий розчин у розведенні 1:800 використали для очищення 20 л води, взятої безпосередньо з аеротенку. Рекомендоване дозування робочого розчину 100 мл на 1 л води, що очищується [6; 14; 15].

Для точності отриманих результатів дослідження проводили в умовах, максимально наближених до реальних. Було створено ємність із примусовою придонною аерацією за допомогою компресора за розкладом 30 хвилин роботи − 30 хвилин простою. Тривалість експерименту – 14 годин, оскільки, залежно від навантаження заводу та сезону, рідина у початковому тенку стоїть від 1 години до 1 доби.

За результатами аналізу (рис. 7) можна стверджувати, що цей препарат є дієвим для видалення нітратів, що видно зі стрімкого зниження рівня NO3-, проте, підвищення показника ХСК означає, що відбувається конкуренція за субстрат та активне поглинання кисню, тобто симбіотичні мікроорганізми препарату конфліктують із мікроорганізмами активного мулу, який використовується на цій станції водоочищення, навіть відбувається його часткове пригнічення. Незважаючи на зниження рівня нітратів у стічних водах, впровадження ЕМ-технології на підприємстві «Сан ІН Бев Миколаїв» є недоцільним при наявній системі водоочищення або потребує будівництва додаткових вузлів системи. Можливо, більш ефективним для вирішення проблеми доочищення стічних вод даного підприємства стане використання іонітів та очищення під час застосування методу іонного обміну [16; 17], що і стало наступним етапом наших досліджень.

Головні висновки. Проведено аналіз системи очищення стічних вод на Миколаївському відділенні підприємства «САН Ін Бев Миколаїв».

На першому етапі дослідження визначено динаміку концентрації азотовмісних сполук на різних стадіях очищення стоків. На другому етапі розроблено та запропоновано методику використання препаратів із групи ефективних мікроорганізмів (ЕМ) із метою доочищення стічних вод підприємства у лабораторних умовах. При цьому відпрацьовані розчини та надлишковий мул можуть у подальшому використовуватися як добрива, отже, метод є досить економічно вигідним.

Показано, що використання препаратів з ефективними мікроорганізмами знижує концентрацію нітратів майже у 1,5 рази за 14 годин. Проте у виробничих умовах може виникати конфлікт між мікробними групами досліджуваного препарату «Тамір» та мікроорганізмами активного мулу в аеротенку станції біологічного очищення. Отже, для доочищення стічних вод підприємства «САН Ін БЕВ Миколаїв» метод є недоцільним при наявній системі водоочищення або потребує значної модернізації очисних споруд.

У подальшому буде досліджуватися застосування методу іонного обміну для доочищення стічних вод від біогенних сполук як рекомендованого для підприємства у цих виробничих умовах.

Література

1. Sen Asit K., Mondal Nitya G. Removal and uptake of copper by Salvinia natans from wastewater. Water, Air and Soil Pollut. 2007. № 2. P. 1−6.
2. Воронов Ю.В., Берцун Ю.В. Биологическая очистка сточных вод пивоваренных заводов. Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 205−211.
3. Айвазан С.С., Чубакова Е.Я., Манилова Т.А. Основные направления экологизации пивоварной промышленности. Пиво и напитки. К. НТУУКПІ. 2006. 118 с.
4. Лурье А.А. Аналитическая химия промышленных сточных вод. Москва, 1978. 440 с.
5. Химическая энциклопедия. В 7 т. М.: Большая российская энциклопедия. 1992. Т. 3. 632 с.
6. Скворцова Д.В., Трохименко Г.Г. Використання мікробіологічного препарату «Тамір» для очищення комунально-побутових стічних вод. Миколаїв. НУК. 2014. 10 с.

7. Очистные сооружения закрытого типа Николаевского отделения ПАО «САН ИнБев Украина»: Рабочая документация. Николаев. 2012. 58 с.
8. ЭМ-технология – биотехнология 21 века. Сборник материалов по практическому применению ЭМ-препаратов. Алмата. 2006. 524 с.
9. Fleming O. D. йs Hunt, D. L. 2006. Biological Safety: Principles and Practices. 4th edition. ASM Press.
10. Emad A Shalaby. Prospects of effective microorganisms technology in wastes treatment in Egypt. Emad A Shalaby. Asian Pac J Trop Biomed. 2011. Jun. 1(3). P. 243−248.
11. Скворцова Д. В., Трохименко Г.Г. Використання мікробіологічного препарату «Тамір» для очистки комунально-побутових стічних вод. Вісник Дніпропетровського університету. Серія: біологія, екологія. Дніпропетровськ. 2012. Вип. 20. Т. 1. С. 92−99.
12. Трохименко Г. Г., Бажина М.О. Використання ЕМ-препаратів для доочищення стічних вод заводу «Сан Ин Бев Миколаїв» від нітратів на прикладі препарату «Тамір». Екогеофорум 2017. Актуальні проблеми та інновації: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (22−25 березня 2017 р.). Івано-Франківськ. 2017. С. 13−14.
13. ДСТУ ISO 6778:2003 Якість води. Визначення амонію. Потенціометричний метод (ISO 6778-1984, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72855
14. Халемский А.М., Швец Э.М. Способ биологической очистки сточных вод. ПАТ России № 2296110 С1.
15. Поляков А.Н., Смирнова А.С., Щелканова О.Н., Киселева А.С. Изучение процессов снижения содержания азота и фосфора при биологической очистке сточных вод. Известия МГТУ «МАМИ». 2013. № 1(15). Т. 4. С. 226−229.
16. Shrimali M., Sing K.P. New methods of nitrate removal from water. Environmental Pollution. 2001. vol. 112. P. 351–359.
17. Гомеля М.Д., Крисенко Т.В., Дейкун І.М. Очисні споруди. Основи проектування. Навч. посіб. К. НТУУ «КПІ». 2007. 176 с.

УДК 693.98

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ СТІНОВІ КОНСТРУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПІНОПОЛІСТИРОЛУ

Менейлюк О.І., Черепащук Л.А., Олійник Н.В.
Одеська державна академія будівництва і архітектури
pr.mai@mail.ru
larochka104@ukr.net
natali.1727v@gmail.com

Стаття присвячена розробці нового конструктивно-технологічного рішення багатошарової огороджувальної стінової конструкції будівель і споруд із використання пінополістиролу як незнімної опалубки, який є екологічно чистим утеплювачем, попри його хімічне походження. Новизна цього рішення підтверджена патентом на корисну модель [6]. У роботі представлені результати розробки нової технології та практичного її застосування. *Ключові слова:* пінополістирол, незнімна опалубка, багатошарові конструкції, енергоефективні технології, огороджувальні конструкції, торкретування.

Энергоэффективные ограждающие стеновые конструкции с использованием пенополистирола. Менейлюк А.И., Черепащук Л.А., Олийник Н.В. Статья посвящена разработке нового конструктивно-технологического решения многослойной ограждающей стеновой конструкции зданий и сооружений по использованию пенополистирола в качестве несъемной опалубки, который является экологически чистым утеплителем, несмотря на его химическое происхождение. Новизна этого решения подтверждена патентом на полезную модель [6]. В работе представлены результаты разработки новой технологии и практического ее применения. *Ключевые слова:* пенополистирол, несъемная опалубка, многослойные конструкции, энергоэффективные технологии, ограждающие конструкции, торкретирование.

Energoeffective protective walls using foam polystyrene. Meneiliuk O.I., Cherepashchuk L.A., Oliinyk N.V. The article is devoted to the development of a new structural and technological solution for the multi-layer fencing wall construction of buildings and structures using foam polystyrene as a non-removable formwork, which is an environmentally friendly insulation, despite its chemical origin. The novelty of this decision is confirmed by the patent for the utility model [6]. The paper presents the results of the development of new technology and its practical application. *Key words:* foam polystyrene, non-removable formwork, multilayer structures, energy-efficient technologies, fencing structures, gripping.

Постановка проблеми. Сьогодні питання утеплення та підвищення енергоефективності будівель стоїть на першому місці. Це підтверджується багатьма державними програмами по їх забезпеченню та введенням у дію нових змін до нормативних документів [2]. Тому розвиток нових конструктивних рішень з використання сучасних енергоефективних матеріалів набрав популярності. На будівельному ринку такі матеріали представлені у широкому асортименті. У зв'язку з цим, найбільш простим способом зведення будівель є використання багатошарових конструкцій з незнімною опалубкою [1; 3; 7]. Для незнімної опалубки найбільш раціональним матеріалом є пінополістирол, який відрізняється низькою теплопровідністю, відсутністю водопоглинання та гарною стійкістю до деформацій. У зв'язку з високими вимогами до екологічності сучасних матеріалів, слід говорити не тільки про безпеку самих матеріалів і вплив навколишнього середовища, але також і про мікроклімат внутрішнього приміщення та якість повітря у ньому. Важливим фактором у даному випадку є можливість запобігання розмноження бактерій, цвілі і грибів та їх проникнення через захисну конструкцію будівлі.

Актуальність дослідження полягає у необхідності більш глибокого вивчення сучасних технологій зведення будівель та споруд з використанням широко популярних на сьогодні теплоізоляційних матеріалів з метою забезпечення високої енергоефективності будівельних об'єктів. Тому серед багатьох поширених матеріалів найбільш ефективним для улаштування незнімної опалубки є екструдований пінополістирол. Застосування у багатошарових стінах такого утеплювача дозволяє ефективно вирішити проблеми досягнення теплового комфорту всередині будівлі і довговічності конструкції. Сучасний екструдований пінополістирол являється екологічно чистим утеплювачем попри його хімічне походження. Він не піддається біологічному розкладанню у навколишньому середовищі і абсолютно нешкідливий для здоров'я [4].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Ухвалення Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» №2118-VIII, який набрав чинності 23.07.2017 відкрило нову сторінку у сучасному будівництві: виробники відчули реальний попит на енергозберігаючі, інноваційні технології, а паралельне посилення «екологічних тенденцій» поставило і ще одне завдання: комбінувати ефективність технологій з безпекою для людини і навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1; 7] дослідження направлені на теплотехнічні властивості та конструктивні характеристики

монолітних залізобетонних зовнішніх стін з використанням опалубки із пінополістиролу. При таких конструктивних рішеннях підвищується теплоізоляція та мінімізуються температурні містки. Для будівництва це дуже зручний і технологічний матеріал, що дозволяє формувати практично будь-який архітектурний вигляд будівель.

Дані досліджень [4] показують, що у відібраних пробах повітря у приміщенні зі стіновими панелями із пінополістиролу не виявлено стиролу, що негативно впливає на екологію. Він не впливає на навколишнє середовище та життєдіяльність організму, тому використання пінополістиролу є цілком безпечним у житловому будівництві. Випробування, проведені у лабораторіях з ідеальними для росту цвілі умовами, показали, цвіль на випробовуваних зразках не утворюється, зростання грибів також не спостерігається.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Враховуючи, що у роботі поставлений акцент на розвиток нової технології, зокрема власна розробка авторів [6], яка ще не досліджена, постало завдання виявлення ефективності соціальної, економічної, екологічної і технологічної. У дослідженні приділяється увага аналізу конструктивних рішень, насамперед організації будівельних процесів та їх механізації, які напряму пов'язані з охороною навколишнього середовища.

Новизна. На основі сучасних нормативних документів [2; 5] та державних програм по енергозбереженню розроблено та досліджено нове конструктивно-технологічне рішення енергоефективних огороджувальних конструкцій із використання пінополістиролу як незнімної опалубки, визначено його вартість, трудомісткість та тривалість будівництва під впливом різних організаційно-технологічних факторів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Моделювання виробничих процесів зведення, за технологією висвітленою у патенті [6], виконували на прикладі малоповерхової будівлі площею у плані 100 м^2. На основі обсягів робіт зроблено кошторисний розрахунок по зведенню малоповерхової будівлі та побудований календарний графік при заданих характеристиках. Розрахунок і побудова цих варіантів здійснювали за допомогою програмного комплексу АВК-5, де отримали вартість та трудомісткість і програми Microsoft Project для визначення тривалості будівництва.

Виклад основного матеріалу. Вирішення проблеми підвищення енергоефективності неподільно пов'язано з питанням екології та є одним із пріоритетних напрямків розвитку сучасних технологій будівництва. Тим більше автори пропонують власну розробку, яка ще мало досліджена.

У статті представлені основні результати досліджень нового конструктивно-технологічного рішення. Новизна запропонованої технології підтверджена патентом на корисну модель і обґрунтована в описі [6]. Суть цієї технології полягає у використанні незнімних опалубок з енергоефективного матеріалу – екструдованого пінополістиролу. Він відрізняється легкістю, завдяки чому всі роботи можна проводити без залучення тяжкої будівельної техніки. Така опалубка надалі служитиме шаром термоізоляції, заходи з утеплення стін проводити не треба. У даному матеріалі практично відсутнє водопоглинання, оскільки осередки речовини запаяні, вода ні в одному зі своїх станів не може пройти всередину, тому має стійкість до утворення цвілі, завдяки морозостійкості і не схильності до гниття, появи грибка. Має високу стійкість до хімічних речовин, що дозволяє використовувати дану технологію для зведення не тільки споруд виробничого призначення, а і житлових будівель.

Основні характеристики нового конструктивно-технологічного рішення наступні.

Технологія зведення будівель і споруд по Патенту на корисну модель №115636 Варіанту № 1 (рис. 1) характеризується тим, що внутрішній монолітний шар багатошарової стінової конструкції має арматурний просторовий каркас 1. Він разом з бетоном 2 буде нести і приймати основні навантаження. Як незнімна опалубка використовується екструдований пінополістирол 3, як ефективний теплоізоляційний матеріал.

Опір теплопередачі для кожного рішення розраховувався по формулі:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_{з}} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{з}}$$

де R – опір теплопередачі; $\alpha_{в}$ $\alpha_{з}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхні, Вт/(м^2·К); R_i – тепловий опір i-го шару конструкції, (м^2·К)/Вт; δ_i – товщина і-го шару конструкції, м; λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції, Вт/(м·К); n – кількість шарів конструкції.

$$R = \frac{1}{23} + \frac{0{,}05}{0{,}031} + \frac{0{,}15}{2} + \frac{0{,}05}{0{,}031} + \frac{1}{8{,}7} = 3{,}1\ (\text{м}2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$$

Також необхідно зазначити, що він легко сумісний з бетонними конструкціями. Для фіксації незнімної опалубки у проектному положенні з фундаменту виконуються випуски арматури 4 по периметру стін. Обидва шари незнімної опалубки з пінополістиролу 3 армовані сітками 5 і з'єднані між собою арматурними стрижнями z-подібної форми 6 утворюючи єдину конструкцію. Така форма стрижнів дозволяє полегшити з'єднання армуючої сітки 5, що знаходиться на поверхні пінополістирольних плит 3. Сітка забезпечує додаткову стійкість плит при їх монтажі і заливці залізобетонного шару 2.

Крім екологічності, безпеки і енегроефективності, пінополістирол, будучи легким, міцним і не крихким матеріалом, відповідає також такій важливій у будівництві вимозі як зручність монтажу. Різка пінополіс-

Таблиця 1

Найменування технології	Товщина стіни, мм	Опір тепло-передачі, м²•С/Вт	Вага 1 м² стіни, кг	Площа примі-щень при розмі-рах будівлі 10х10 м, м²	Вартість 1 м² стіни, грн	Трудомісткість, чол.год/м²
1	2	3	4	5	6	7
Патент № 115636	290	3,1	385	88,7	1207	8,7

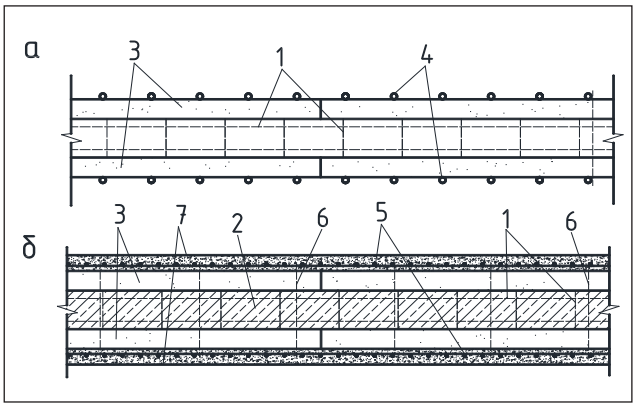


Рис. 1. Конструкція стіни по Варіанту 1
а) схема пристрою каркаса опалубки конструкції;
б) готова конструкція
1 – каркас з/б шару; 2– з/б шар; 3 – незмінна опалубка з пінополістиролу; 4 – випуски арматури з фундаменту; 5 – арматурна сітка; 6 – фіксуючі елементи z-подібної форми; 7 – торкрет-бетон

тиролу можлива без використання спеціальних ріжучих інструментів, простими засобами, такими як ніж або ручна пила. Він має групи горючості Г2 і Г3 по категорії вогнестійкості завдяки тому, що спеціальні речовини-антипірени, які додатково підмішують у розплавлений пінополістирол при його виробництві, перешкоджають його займанню [4].

Результати дослідження нового конструктивно-технологічного рішення енергоефективних огороджувальних стінових представлені у таблиці.

Висновки і пропозиції. Конструктивно-технологічне рішення огороджувальних конструкцій за патентом № 115636, яке полягає в улаштуванні внутрішнього монолітного шару у незнімній опалубці із пінополістиролу, дає можливість заощадити на використанні тяжкої будівельної техніки, яка дає викиди у навколишнє середовище, відповідно до норм ОВОС. Продукти горіння полістиролу не менш небезпечні, ніж продукти горіння целюлози, дерева та шерсті, які широко поширені у побуті. Звідси можна зробити висновок про хімічну та біологічну нейтральності пінополістиролу. Будівля, побудована методом незнімної опалубки, має підвищені енергозберігаючі характеристики – 3,1 (м²·К)/Вт. Тим більше що вартість зведення 1 м² такої стіни дорівнює 1207 грн, трудомісткість 8,7 люд.-год/м², а корисна площа внутрішніх приміщень на 11,5% більше у порівнянні з цегляною стіною.

Література

1. Усенко В.Н., Будзило Е.Е., Горовая Н.А., Кубышкина И.А. Строительство «пассивных» индивидуальных зданий с использованием несъемной опалубки из пенополистирола. Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. 2016. № 3 (46). С. 80–83.
2. Державні будівельні норми. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. [На заміну ДБН В.2.6-31:2006; чинний від 01.05.2017]. К.: Мінрегіонбуд України, 2017. 37 с. (Державні будівельні норми).
3. Зарубина Л.П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии. 2-е изд. СПб: БХВ–Петербург, 2012. 416 с.; ил. (Строительство и архитектура).
4. Кербер М.Л., Хозин В.Г. Пенополистирол. Применять можно и нужно. При грамотном применении не опасен. URL: http://portal-energo.ru/articles/details/id/596
5. Національний стандарт України. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013. [Чинний від 01.01.2014]. К.: Мінрегіон України, 2014. 55 с. (Національний стандарт України).
6. Патент України на корисну модель UA 115636 U, МПК E04C 2/34 (2006.01). Багатошарова стінова панель / О.І. Менейлюк, Л.А. Черепащук; №. u2016 10618; заявл. 21.10.2016; опуб. 25.04.2017. Бюл. № 8/2017.
7. Фетисова М.А., Захаренко А.И. Строительство с использованием несъёмной опалубки нового поколения из пенополистирола. Молодой ученый. 2012. № 5. С. 70–71.

УДК 65.012.3:316.422

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ БЛИЖАЙШЕЙ ПАРЫ В НЕЧЕТКИХ УСЛОВИЯХ

Нестеренко С.А., Дадерко О.И., Саух И.А.
Одесский национальный политехнический университет
пр. Шевченко, 1, 65044, г. Одесса
san@onpu.ua
o.daderko@gmail.com
isaukhl@gmail.com

Показано, что парные органы многих технических устройств, а также пары рифмованных слов в лингвистике, пары участников экспедиций и многое другое нуждается в тщательном отборе при их составлении и замене, т.к. многие скрытые, нечеткие параметры у них могут быть далеки. Предложен алгоритм интеллектуального метода распознавания ближайшей пары в конечном множестве однотипных объектов в нечетких условиях. Испытание метода на реальных объектах подтвердили его техническую эффективность. *Ключевые слова:* ближайшие пары, нечеткие условия, распознавание образа, информационная составляющая, автомобильные колеса.

Екологічна складова інтелектуального метода розпізнавання найближчої пари у нечітких умовах. Нестеренко С.А., Дадерко О.І., Саух І.А. Показано, що парні органи багатьох технічних пристроїв, а також пари римованих слів улінгвістиці, пари учасників експедицій та багато іншого потребують ретельного відбору при їх складанні та заміні, оскільки багато прихованих, нечітких параметрів у них можуть бути далекі. Запропоновано алгоритм інтелектуального методу розпізнавання найближчій пари у кінцевій множині однотипних об'єктів у нечітких умовах. Випробування методу на реальних об'єктах підтвердили його технічну ефективність. *Ключові слова:* найближчі пари, нечіткі умови, розпізнавання образу, інформаційна складова, автомобільні колеса.

Environmental component of the intelligent recognition closest pair in fuzzy conditions method. Nesterenko S., Daderko O., Saukh I. has been shown that paired bodies of many technical devices, as well as a pair of rhymed words in linguistics, a pair of expedition participants, and much more, require careful selection during their assembly and replacement, since many hidden, fuzzy parameters in them may be distant. The algorithm of the intelligent recognition method of the nearest pair in the finite set of the same type objects in the fuzzy conditions is proposed. Tests of the method on real objects confirmed its technical efficiency. *Key words:* closest pairs, fuzzy conditions, image recognition, information component, automobile wheels.

Постановка проблемы. Автомобильный транспорт имеет важнейшее значение для функционирования общественного производства и жизни людей. Однако при этом он является главным глобальным источником загрязнения окружающей среды. На его долю приходится до 60–80% загрязнения, а в районах наибольшего сосредоточения людей – до 90–95%. Основная причина загрязнения воздуха заключается в неполном и неравномерном сгорании топлива. Всего 15% его расходуется на движение автомобиля, а 85% «летит на ветер». К тому же камеры сгорания автомобильного двигателя – это своеобразный химический реактор, синтезирующий ядовитые вещества и выбрасывающий их в атмосферу. В отработавших газах двигателя внутреннего сгорания содержится свыше 170 вредных компонентов, из них около 160 – производные углеводородов, прямо обязанные своим появлением неполному сгоранию топлива в двигателе [1].

Отработавшие газы, продукты износа механических частей и покрышек автомобиля, а также дорожного покрытия составляют около половины атмосферных выбросов антропогенного происхождения. Наиболее исследованными являются выбросы двигателя и картера автомобиля. Кроме того, во время эксплуатации транспортных средств образуется большое количество твердых отходов, большую опасность среди которых представляют собой изношенные автомобильные шины, которые сложно собирать и утилизировать [2].

Однако шины несут еще одну латентную опасность, – если смежная пара шин была изначально неодинаковой в некотором смысле (или кто-то при ремонте поставил в пару «неподходящую» шину), и нагружение, и реакция на него становятся несимметричными, вынуждая автомобиль реагировать на это ухудшением условий работы: двигатель начинает работать в неоптимальном режиме, – отсюда неполное сгорание и повышение количества вредных выхлопов, шины изнашиваются неравномерно и т.д.

Актуальность исследования. Автомобиль содержит в своем составе большое количество «парных» органов. Главными парами с точки зрения экологии являются колеса, так как неверный подбор такой пары приводит и к ухудшению условий работы двигателя, а, следовательно, – к увеличению вредных выбросов, и к повышенному износу автомобильных покрышек и дороги

со всеми вытекающими из этого экологическими последствиями.

В то же время паспортные данные и известные маркировки покрышек не содержат всей информации, необходимой для подбора пар. Часть такой информации скрыта от пользователя (и от производителя!), часть носит стохастический или нечеткий характер. Поэтому исследования, направленные на оптимизацию процесса подбора пары «ближайших» по эксплуатационным характеристикам резиновых колес, являются весьма актуальными.

Связь авторской разработки с важными научными и практическими задачами. Авторская разработка посвящена решению важной научной и практической задачи повышения срока службы покрышек автомобильных колес и дороги, а также уменьшения вредных выбросов автомобильного двигателя путем повышения равномерности нагрузок на автомобиль при движении за счет нового метода подбора близких по эксплуатационным характеристикам пар покрышек.

Анализ последних исследований и публикаций. Во многих приложениях человеческой деятельности встречаются ситуации, когда к некоторому объекту необходимо подобрать пару из конечного множества однородных объектов. Подбор должен быть выполнен путем распознавания ближайшего элемента этого множества по заданному набору признаков. Предполагается, что распознанная пара объектов будет в дальнейшем «работать» совместно. Примерами таких пар могут служить парные элементы компьютеров и их аксессуаров [3], радиотехнических стереосистем [4], метрологических устройств [5] – в технике, рифмованные строки [6] – в поэзии, коллективы обособленных экспедиций [7] – в психологии и многое другое.

Если признаки однозначно измеримы или вычислимы, то распознавание является тривиальным. Если же хотя бы один признак носит стохастический или не четкий характер, то задача неразрешима без применения технологий искусственного интеллекта с применением свойственных последнему информационных технологий. Таким образом, задачи подбора пары являются одновременно задачами распознавания образа и задачами оптимизации, так как образ ищется наилучший!

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья. Известно, что при комплектации пар в технических устройствах рекомендуется подбирать их по ближайшим значениям характеристик. Однако даже подбор одинаковых по маркировке изделий от одного производителя не гарантирует решение этой проблемы. Ведь в производстве все учитываемые параметры «плывут» в пределах допуска, а неучитываемые могут вообще существенно отличаться. Именно это является основными нерешенными ранее частями общей проблемы, которым посвящается данная статья.

Новизна. Предложенные методы и модели являются новыми развитиями проблем распознавания образа и оптимизации. Новизна в распознавании состоит в том, что для этого предложено использовать метод распознавания образов в нечетких условиях, в котором исходными параметрами служат дополнительные нечеткие, полученные экспресс методом характеристики, которые дополняют основные паспортные данные шин и создают некоторый промежуточный псевдовизуальный образ последних [8]. Далее применяется один из известных методов распознавания визуальных образов (изображений) [9]. Новизна в оптимизации заключается в применении гибридных методов человеко-машинного отбора наилучшего варианта.

Методологическое или общенаучное значение непосредственно вытекает из инвариантности предложенных методов и моделей, что позволяет прогнозировать их эффективное использование в разнообразных областях человеческих знаний.

Изложение основного материала. Подбор пары при «обувании» автомобиля происходит в двух случаях: при первичной сборке автомобиля и замене двух колес одновременно, а также при замене одного колеса, когда новое подбирается в пару к старому.

В предлагаемом методе все данные о колесах – участниках отбора – на первом этапе преобразуются к некоторому образу, который по структуре (двухмерное поле условных «яркостей») напоминает зрительный, но с феноменологической точки зрения таковым не является. Действительно, этот виртуальный образ в процессе отбора пары нигде не визуализируется: не выводится на экран или любой «твердый» носитель [10].

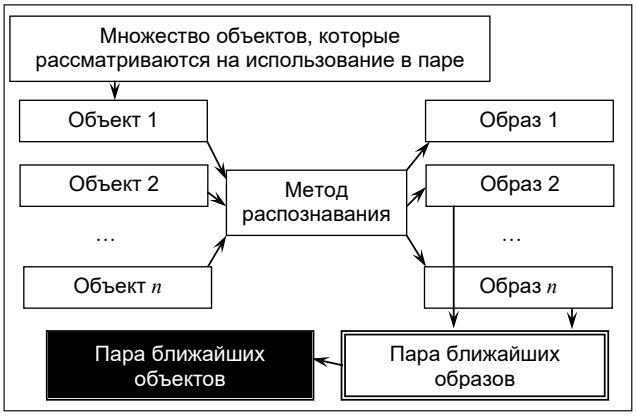


Рис. 1. Выбор наиболее близкой пары шин из имеющихся в наличии

Тем не менее, обладая всеми математическими свойствами зрительного образа или изображения,

этот виртуальный образ может быть преобразован одним из известных способов обработки изображений к числу [11]. По полученным числам можно выполнить ранжировку элементов множества образов, а значит, и множества исходных объектов – резиновых колес.

В итоге выбор наиболее близкой пары шин из имеющихся в наличии выглядит следующим образом (рис. 1).

В свою очередь, выбор второй шины по известной (имеющейся в наличии) первой представлен на рис. 2.

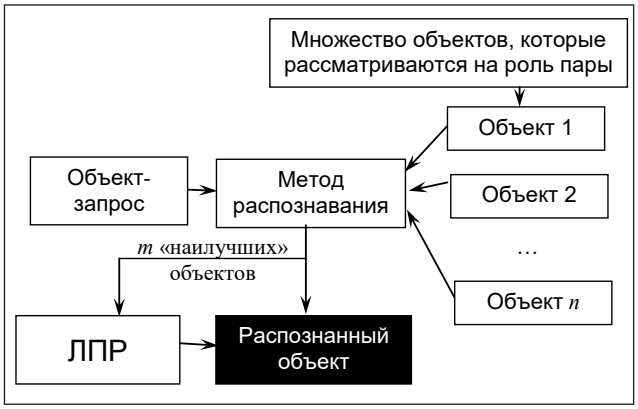


Рис. 2. Схема процесса распознавания «наилучшего» объекта в пару к имеющемуся в наличии

Естественно предположить, что описанные методы эффективны только в том случае, когда характеристики (параметры) элементов множества шин выходят за рамки стандартных (детерминированных). К последним относятся следующие паспортные параметры (первый список).

Диаметр – определяет толщину резинового слоя, вес шины.

Разрывное усилие – определяет нагруженность шин, вес шины.

Линейная масса – определяет плотность армирующего материала, вес шины.

Полное удлинение – определяет изменение геометрии шин под нагрузкой, способность сопротивляться ударным нагрузкам.

Адгезия – определяет степень закрепления армирующего материала в резине.

В противном случае все шины одной стандартной группы были бы математически неразличимы, и процедура ранжировки потеряла бы смысл, – числа, составляющие все образы множества, были бы равны. Поэтому методы распознавания образов, участвующие в процессах, представленных на рис. 1 и 2, нуждаются в обеспечении дополнительной (стохастической, нечеткой) информацией.

В качестве такой информации могут быть использованы следующие нечеткие параметры (второй список).

Изгибная жесткость – в брекерных слоях шин определяет ходимость шин, уровень сопротивления качению, совместно с величиной разрывного усилия – веса шин.

Эластичность – характеризует степень восстановления металлокордом своей первоначальной формы после того, как он подвергся определенной деформации.

Усталостная выносливость – определяет срок эксплуатации шин.

Контактная усталость (фреттинг-коррозия) – определяет запас прочности для армирующих материалов, приводящий к утяжелению шин.

Усилие анкеровки – определяет усилие выдергивание проволок внутренних слоев из оболочки проволок наружных по отношению к ним слоев. Низкий уровень анкеровки снижает показатель выносливости и создает проблемы при переработке резинокордового полотна.

Удлинение при частичной нагрузке – определяет способность сопротивляться ударным нагрузкам.

Емкость плоского конденсатора, в котором шина играет роль заполнителя пространства между обкладками – отражает плотность, форму и равномерность заполнения кордом внутреннего объема шины.

Откладывая на двухмерном поле отнормированные к единице значения параметров первого списка по горизонтали, а второго – по вертикали, получим псевдозрительный (виртуальный) образ, пример которого приведен на рис. 3 [9].

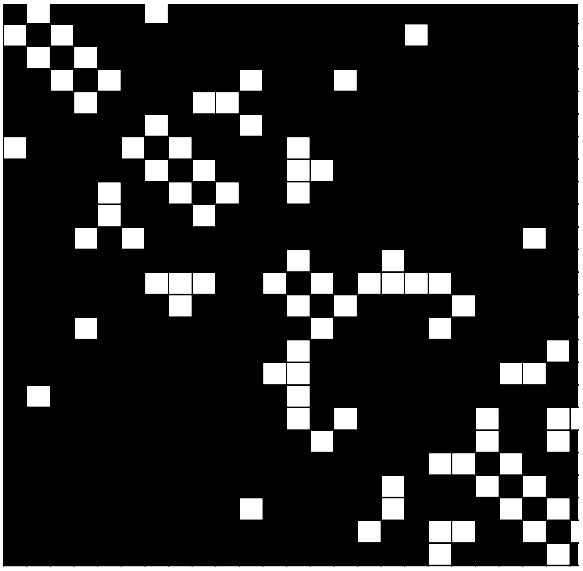


Рис. 3. Псевдозрительный (виртуальный) образ одной из шин множества, из которого предстоит сделать выбор

Превращая образ в число, например, с помощью поля направлений, получим соответствующее численное значение, легко поддающееся ранжированию и сравнению [9].

Нечеткие параметры второго списка нельзя взять из паспортных данных или измерить прямым методом. Они могут быть получены только в результате эксперимента: неразрушающего – для всего мно-

Рис. 4. Схема измерения емкости конденсатора с армированной шиной в качестве заполнителя пространства между обкладками: 1 – шина; 2 – металлические обкладки; 3 – прибор для измерения емкости

жества или разрушающего (например, выдергивание нитей корда) – для выборочного подмножества. Приведем пример емкостного измерения плотности, формы и равномерности заполнения кордом внутреннего объема шины. Рассмотрим шину колеса с металлокордом [14].

Такое измерение неразрушающее, его сравнительно легко выполнить и зафиксировать результат.

Главные выводы. В результате анализа экологических проблем развития транспорта установлено, что существенной опасностью для окружающей среды является плохоконтролируемое в эксплуатации взаимодействие неудачно подобранных пар, например, автомобильных шин.

Предложен дополнительный к простому подбору по паспортным данным метод идентификации наиболее близких пар, заключающийся в интеллектуальном распознавании образа каждой шины с учетом скрытых параметров и формировании этих пар по близости полученных образов.

Предложен метод получения дополнительной информации о скрытых характеристиках автомобильных шин, заключающийся в измерении емкости конденсатора, в котором исследуемая шина играет роль заполнителя пространства между его обкладками.

Перспективы использования результатов исследования. Результаты исследования могут представлять практический интерес, прежде всего, для автомобилестроительных и автомобилеремонтных предприятий, а также для любого технического, психологического и пр. приложения, где проблема подбора пар стоит особенно остро. Результаты представляют также научный интерес в области искусственного интеллекта (распознавания образов) и в области оптимизации объектов с нечеткими исходными данными.

Литература

1. Загрязнение автотранспортом окружающей среды. URL: http://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-snizheniya-toksichnosti/zagryaznenie-avtotransportom-okruzhayushhej-sredy/.
2. Шулдякова К.А. Воздействие автомобильных шин на окружающую среду и здоровье человека. Молодой ученый. 2016. № 20. С. 472–477.
3. Скотт М. Оперативная память. Модернизация и ремонт ПК – Upgrading and Repairing PCs. М.: Вильямс, 2007. С. 499-572.
4. Подбор динамиков. URL: https://www.audiomania.ru/content/art-1740.html.
5. Stanovskyi O. Compensation of the spatial deviations of measuring elements in CAD. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2018. № 1/2(39). С. 52–60.
6. Становский А.Л. Некоторые концепции системы поддержки автоматизированного перевода стихотворного текста. Труды Одесского политехнического университета. 2007. Спецвыпуск № 2(28). С. 162–165.
7. Холлингэм Р. Дорога к Марсу: как набирают в марсианские колонисты. BBC Future. 2015. URL: http://www.bbc.com/russian/science/2015/01/150127_vert_fut_one_way_ticket_to_the_red_planet.
8. Нестеренко С.А., Становський Ан.О., Торопенко А.В., Швець П.С. Перетворення структури складної технічної системи із частково недоступними елементами до зорового образу. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Харків, 2015. № 5/3 (77). С. 30–35.
9. Нестеренко С.А., Становський Ан.О., Оборотова О.О. Розпізнавання стану бездротових комп'ютерних мереж за допомогою тривимірного поля напрямків. Технологічний аудит та резерви виробництва. Харків, 2015. № 6/2(26). С. 28–35.
10. Поиск пары чисел оптимально близких к заданному константному числу. URL: https://www.mql5.com/ru/forum/216667.
11. Глушань В.М. Нечеткие модели и методы многокритериального выбора в интеллектуальных системах поддержки принятия решений. Известия ЮФУ. Технические науки Тематический выпуск. С. 106–113.
12. Луцив Д.В. Задача поиска нечетких повторов при организации повторного использования документации. Программирование, 2016. № 4. С. 39–49.
13. Пименов В.Ю. Вычислительно-эффективный метод поиска нечетких дубликатов в коллекции изображений. URL: http://romip.ru/romip2009/09_ifm.pdf.
14. Металлокорд. Steel cord. URL: http://www.belmet.com/files/products /steel_cord.pdf.

УДК 504.064:631.6:626.824

ДРЕНАЖ НА РИСОВИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЙОГО РОБОТИ

Турченюк В.О., Рокочинський А.М.
Національний університет водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, 33000, м. Рівне
fwg@ukr.net

У статті проаналізовано головні причини незадовільного еколого-меліоративного стану ґрунтів рисових зрошувальних систем Придунав'я та визначено напрями покращення їх дренованості. *Ключові слова:* ефективність роботи дренажу, рисова зрошувальна система, еколого-меліоративний стан, дренованість ґрунтів.

Дренаж на рисовых оросительных системах и эффективность его работы. Турченюк В.А., Рокочинский А.Н. В статье проанализированы основные причины неудовлетворительного эколого-мелиоративного состояния почв рисовых оросительных систем Придунавья и определены пути улучшения их дренированности. *Ключевые слова:* эффективность работы дренажа, рисовая оросительная система, эколого-мелиоративное состояние, дреннированость почв.

Drainage in rice irrigation systems and the efficiency of its operation. Turcheniuk V., Rokochynskyi A. The main causes of the unsatisfactory ecological and meliorative state of soil in the rice irrigation systems of the Danube region are analyzed and ways of improving their drainage are determined. *Key words:* drainage efficiency, rice irrigation system, ecological and meliorative state, soils.

Постановка проблеми. Рисові зрошувальні системи (далі – РЗС) України, загальна площа яких становить 62,1 тис. га, побудовані ще в 1960–1972 рр., сьогодні за багатьма показниками не відповідають вимогам екологічно безпечних технологій вирощування рису й супутніх культур переважно через відсутність власного досвіду їх проектування. Будівництво таких систем виконувалось на підставі технічних норм, розроблених та апробованих для півдня Росії, без урахування специфіки геологічної будови та гідрогеологічного стану територій, освоюваних під рисосіяння в Україні. У результаті практично всі рисові системи побудовані за схемою карт краснодарського типу (ККТ) з дрібною й часто розрідженою дренажною мережею у вигляді відкритих каналів. Недостатня дренованість території рисових систем, неможливість забезпечити необхідну норму осушення, достатню аерацію кореневого шару ґрунтів у позавегетаційний період і їх промивання під впливом водного режиму рису стало однією з головних причин погіршення еколого-меліоративного стану зрошуваних земель РЗС і зниження врожайності рису й супутніх культур.

Виклад основного матеріалу. Досвід експлуатації Придунайських РЗС [1; 2] показав, що еколого-меліоративний стан земель, від якого залежить урожай рису та супутніх культур рисової сівозміни, визначається розвитком дренажно-скидної мережі й надійною роботою всіх її елементів. Дренаж на РЗС є основним засобом підтримання сприятливого ЕМС, без якого неможливо отримувати високі врожаї рису та супутніх культур. Одне з головних завдань дренажу – це розсолення ґрунтів протягом 2–3 років вирощування рису, створення оптимальних швидкостей фільтрації води в ґрунті й забезпечення необхідного рівневого режиму ґрунтових вод у різні періоди вегетації вирощуваних культур.

Дренаж, що закладається на рисових зрошувальних системах, повинен відповідати основним вимогам водно-сольового режиму почвоґрунтів [3; 4]:

– створювати на рисовому полі допустимі швидкості фільтрації;

– забезпечувати після скиду води з чеків необхідну норму осушення, не менше ніж 0,8 м, і доведення її до 1,5–1,7 м на початок нового поливного сезону;

– у разі засолення ґрунту РЗС опріснювати кореневмісний шар до допустимої концентрації солей не більше ніж за 3 роки експлуатації;

– виключати можливість вторинного засолення ґрунтів на агромеліоративних полях і полях, зайнятих супутніми культурами.

Мета дослідження – вивчити ефективність роботи дренажно-скидної мережі Придунайських РЗС і розробити заходи її підвищення.

Рисові зрошувальні системи в Україні, в тому числі й у дельті Дунаю, побудовані за відомою схемою поливних карт Краснодарського типу (ККТ) і карт-чеків широкого фронту затоплення та скиду води (КЧШ) з одностороннім і двостороннім

командуванням здебільшого відкритих зрошувальних і дренажно-скидних каналів, відстань між якими залежно від ґрунтово-гідрогеологічних умов становила 200–500 м, на окремих ділянках до 900 м, при глибині картових дрен 1,5–1,7 м.

У процесі тривалої експлуатації дренажно-скидна мережа під дією численних факторів значно деформувалась [5; 6]. Такі канали не можуть якісно впливати на водно-сольовий режим ґрунтів під час вирощування рису й особливо в періоди вирощування супутніх культур, коли потрібно забезпечити критичну глибину рівня ґрунтових вод (далі – РГВ), яка для умов рисових систем дельти Дунаю дорівнює 1,5–2,0 м.

Аналіз ефективності роботи дренажу на рисових системах дельти Дунаю показав, що дренаж, побудований згідно з чинними на час будівництва нормами проектування, не забезпечує достатню дренованість рисових полів, що є однією з головних причин їх незадовільного еколого-меліоративного стану і зниження врожайності вирощуваних культур.

Важливим показником ефективності роботи дренажно-скидної мережі й одним із основних показників меліоративного стану на рисових системах є глибина спрацювання РГВ на кінець поливного періоду до допустимої межі та його стабільність до початку весняно-польових робіт, з чим пов'язана інтенсивність окисно-відновних процесів ґрунтів. Науковцями [1; 3; 4] для різних рисових систем у натурних умовах установлено закономірність зміни врожаю рису від глибини залягання ґрунтових вод у позавегетаційний період, яка засвідчує, що на чеках, де ґрунтові води в міжполивний період залягають глибше, ґрунтово-меліоративні умови для рису сприятливіші. Родючість таких ґрунтів вища, відповідно, і врожай рису вищий.

Отже, щоб одержати високі врожаї рису в межах 50–70 ц/га, глибина залягання РГВ на початок вегетаційного періоду повинна становити не менше ніж 1,5 м. Для забезпечення таких глибин на рисових системах, де дренажна мережа відкрита, глибина дренажно-скидних каналів повинна бути 2,0–2,5 м, що на більшій частині рисових систем є практично неможливим через швидкі деформації їх русла.

Дослідженнями на Придунайських РЗС установлено, що дренаж повинен забезпечувати не лише регулювання глибини залягання РГВ, а й забезпечувати необхідні швидкості фільтрації для створення необхідної дренованості ґрунтів під рисовим чеком у період вегетації рису. На ділянках чеків, де швидкість фільтрації була незначною, тобто в так званих застійних зонах, урожай рису був меншим. Урожай рису вищий на ділянках чеку, які розташовані на відстані до 60 м від дрени, де значення середніх швидкостей фільтрації води у верхньому шарі ґрунту становили від 0,005 до 0,01 м/добу. Там, де вони були більшими або меншими цих значень, урожай рису був нижчим. Отже, в період вегетації рису по всій площі рисового чеку повинні бути забезпечені швидкості вертикальної фільтрації у верхньому шарі ґрунту в межах 6…10 мм/добу. Крім того, як показали дослідження, різна інтенсивність фільтрації по ширині чеку зумовлює велику різницю в мінералізації ґрунтових вод і вмісті солей у ґрунтах, коли в межах одного й того ж чеку створюються різні природно-меліоративні умови, як наслідок, різна врожайність рису.

Дослідження фільтраційних процесів з поверхні поливних карт рисових систем дельти Дунаю виявили, що найбільші значення швидкості фільтрації (від 4 до 20 мм/добу) спостерігаються на ділянках рисового поля, у так званих придренних зонах, на відстані до 60 м від картових дрен за умови відсутності підпорів води в дренажно-скидних каналах. Далі, до середини міждрення, швидкості фільтрації незалежно від конструкції поливних карт і відстані між дренажними каналами знаходяться в межах 1–2 мм/добу, тобто практично відсутні (рис. 1).

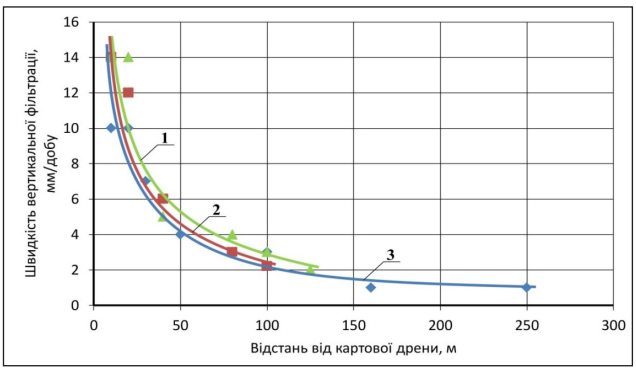


Рис. 1. Швидкість вертикальної фільтрації на картах-чеках залежно від відстані між дренажними каналами: 1–B=200 м, 2– B=250 м, 3– B=500 м

Тому з метою створення сприятливої природно-меліоративної обстановки на рисових полях дренажно-скидна мережа повинна в період вегетації рису по всій площі рисового чеку забезпечувати швидкості вертикальної фільтрації у верхньому шарі ґрунту в межах 6–10 мм/добу. Такі швидкості фільтрації сприяють винесенню з активного шару ґрунту сольових розчинів і водночас не допускають вимивання з ґрунту поживних речовин.

Дослідження та розрахунки для умов Придунайських РЗС показали, що сприятливого водоповітряного режиму ґрунтів можна досягти шляхом доповнення дренажної мережі відкритих картових дрен поодинокими закритими дренами-колекторами (рис. 2).

Глибина закладання таких дрен-колекторів для забезпечення необхідної норми осушення в міжполивний період повинна становити не менше ніж 2 м.

Влаштування закритих дрен-колекторів скорочує відстань між відкритими дренажними каналами до 100–125 м, замість наявних 200–500 м.

Розрахунки динаміки зниження РГВ в умовах Придунайських РЗС до оснащених закритою дре-

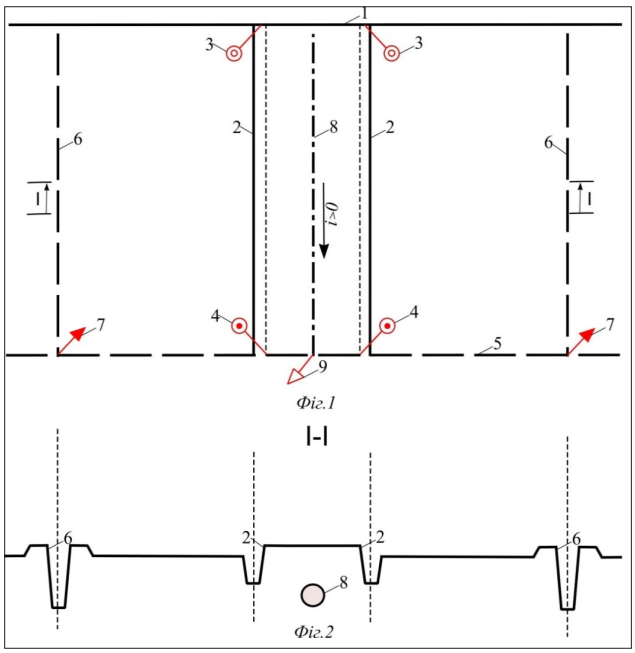


Рис. 2. Конструкція карти-чека з закритою дреною-колектором: 1– розподільний зрошувальний канал; 2 – зрошувач-скид; 3 – водовипускна споруда; 4 – водоскидна споруда; 5 – головний скидний канал; 6 – картовий дренажно-скидний канал; 7 – шлюз-регулятор; 8 – закрита дрена-колектор; 9 – регулювальна споруда

ною показали, що процес осушення рисових полів у післяполивний період відбувається інтенсивніше. Зниження рівня ґрунтових вод до глибини 1,5 м відбувається значно швидше і становить для КЧШ 20–50 діб, а це практично у 2–3 рази скорочує тривалість періоду осушення й дає можливість продовжити період зі сприятливим утриманням РГВ в міжполивний період протягом 200–220 діб. При такій тривалості створюються умови для повного окислення всіх відновлених токсичних продуктів до початку нового поливного сезону. Утворені за вегетаційний період сольові розчини після скиду води з поверхні чеку, коли зникають усі джерела додаткового живлення ґрунтових вод, інтенсивно зміщуються в нижню частину ґрунтового профілю. Інтенсивність цього процесу й глибина осушення, які залежать від водно-фізичних властивостей ґрунтів і роботи дренажно-скидної мережі, принципово визначають ефективність усієї рисової системи.

Дооснащення рисової карти закритими дренами-колекторами, окрім впливу на глибину залягання рівня ґрунтових вод, у міжвегетаційний період впливає на інтенсивність процесу вертикальної фільтрації під рисом у період його вегетації.

Головні висновки. Отже, забезпечити формування сприятливого ЕМС ґрунтів зони аерації під час вирощування рису можна за рахунок забезпечення рівномірності дренування поливних карт через зміну конструкції й параметрів дренажу та запровадження відповідних агротехнічних заходів.

Запропонована конструкція поливної карти з дреною-колектором закритого типу дає змогу посилити дренованість поливних карт і забезпечити рівномірне розсолення ґрунтів по всій площі в процесі вирощування затоплюваного рису, швидке і глибоке осушення рисових-чеків у міжвегетаційний період, підтримання рівня ґрунтових вод у цей період, нижчого за критичну глибину, що створює сприятливі умови для перебігу окисно-відновних процесів. Окрім того, така конструкція поливної карти-чеку дасть можливість провести реконструкцію наявних рисових систем з незначними капіталовкладеннями, оскільки не вимагає влаштування систематичного дренажу, значно підвищить ефективність внутрішньокартової дренажної мережі й дасть змогу управляти процесом дренування в різні фази розвитку сільськогосподарських культур.

Література

1. Кропивко С.М. Исследование эффективности карт-чеков широкого фронта затопления с дренажем (на примере рисовых оросительных систем дельты Дуная): автореф. дисс. ... канд. тех. наук: спец. 06.01.02 «Мелиорация и орошаемое земледелие». Ровно, 1987. 20 с.
2. Мендусь С.П., Мендусь П.І., Рокочинський А.М. Оцінка меліоративного стану та ефективності рисових систем. Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво: зб. наук. праць. Рівне, 2007. Вип. 32. С. 38–49.
3. Олейник А.Я. Регулирование водно-воздушного режима почв на фоне дренажа на основе математического моделирования. Мелиорация и водное хозяйство. Киев, 1985. Вып. 54. С. 72–75.
4. Приходько И.А., Сафронова Т.И., Степанов В.И. Оценка водно-солевого режима почвогрунтов на рисовых системах. Сб. науч. тр. XIII Международной конференции. Серия «Математика. Экономика. Образование». Ростов-на-Дону, 2005. С. 92–97.
5. Mendez S.P. Rationale for the need for and enhance mentor drainage of irrigation charts of rice systems (for example, Danube rice irrigation systems): author's abstract. For obtaining sciences. Degree Candidatetech Sciences: special 06.01.02 “Agricultural amelioration”. Rivne, 2012. 21 p.
6. Turchenyuk V., Frolenkovaand N., Rokochynskyi A. Environmental and economic foundations of system optimization of operational, technological and construction parameters of rice irrigation systems. Environmental Economics, 8 (2), 76–82. doi:10.21511/ee.08(2).2017.08.

УДК 631.319.2

УЗАГАЛЬНЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Голуб Г.А.[1], Дворник А.В.[2]
[1]Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15В, 03041, м. Київ
gagolub@ukr.net
[2]Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів
і природокористування України
«Ніжинський агротехнічний інститут»
вул. Шевченка, 10, 16600, м. Ніжин
a.dvornyk@ukr.net

Узагальнено дослідження по доцільності використання смугового обробітку ґрунту. Розроблено схеми формування необхідних балансів для розвитку рослин для технології смугового обробітку ґрунту у порівнянні з іншими технологіями. *Ключові слова:* Інфільтрація, випаровування, ерозія, переущільнення, обробіток ґрунту.

Обобщение исследований по целесообразности применения технологии полосовой обработки почвы. Голуб Г.А., Дворник А.В. Обзор исследования по целесообразности использования полосовой обработки почвы. Разработаны схемы формирования необходимых балансов для развития растений для технологии полосового обработки по сравнению с другими технологиями. *Ключевые слова:* инфильтрация, испарение, эрозия, переуплотнения, обработка почвы.

Synthesis of studies on the feasibility of using strip-strip technology. Golub G., Dvornyk A. Overview of the feasibility study for the use of strip tillage. The schemes of formation of the necessary balances for the development of plants for strip processing technology in comparison with other technologies have been developed. *Key words:* infiltration, evaporation, erosion, re-consolidation, soil cultivation.

Постановка проблеми. Використання різноманітних систем обробітку ґрунту обумовлюється технологією вирощування сільськогосподарських культур. Найбільш суттєвими факторами обробітку ґрунту є глибоке рихлення ґрунту з одночасним внесенням добрив та якісне формування насіннєвого ложа. В Україні набуває серйозних темпів впровадження технології смугового обробітку ґрунту за прикладом закордонного досвіду. Але часто невідповідність погодних умов та помилкові економічні розрахунки при застосуванні цієї технології розчаровують виробників втратами урожайності, неотриманням бажаного результату та іншими негативними факторами. Саме тому питання узагальнення досліджень по доцільності використання смугового обробітку ґрунту потребує додаткової уваги для усвідомлення позитивних можливостей та негативних наслідків [3; 4; 14].

Мета досліджень. Узагальнити дослідження по доцільності використання технології смугового обробітку ґрунту для отримання ефективного виробничого результату.

Аналіз останніх досліджень. При застосуванні технології смугового обробітку ґрунту оброблюється лише така частина поверхні, де буде закладатися насіння. Рослинні рештки зміщуються із зони обробленого рядка для створення швидкого прогрівання насіннєвого ложа, проростання посіву та затримання сходів бур'янів. Встановлено також, що залишення решток у міжрядді сприяє кращому їх споживанню черв'яками [7], які рухаючись зверху до низу розпушують необроблені смужки, затягують рослинні рештки вглиб ґрунту та виділяють органічні речовини для формування гумусу [3; 4; 7; 10; 11].

Технологія смугового обробітку застосовується при вирощуванні різних с.-г. культур і з часом може стати основною технологією обробітку ґрунту для культур широкорядного та суцільного посіву. Для ефективного застосування смугового обробітку необхідно дотримуватись відповідних наукових рекомендацій підтверджених практичним досвідом вітчизняних аграріїв залежно від регіонального розміщення господарства.

Результати досліджень. Для порівняння систем обробітку ґрунту з узагальненням питання формування природних балансів у ґрунті, що впливають на розвиток рослин, пропонуємо розроблені схеми (рис. 1) процесів ґрунтоутворення з урахуванням ущільнення різних прошарків та повітря-водообміну, відновленням поживного мінералізованого органічного шару.

Водний баланс ґрунту є важливою умовою для розвитку культур у період інтенсивного росту. Наприклад, одна доросла рослина кукурудзи випаровує за добу 2-4 літри води, але погано реагує на перезволоження ґрунту, різко знижуючи врожай

зерна. Розглядаючи особливість польових культур до підвищеної чутливості до наявного у ґрунті кисню, зазначимо, що внаслідок його нестачі уповільнюється поглинання добрив, порушуються енергетичні процеси і білковий обмін.

Основний обробіток передбачає перевертання та розкришення скиби з перемішуванням стерні, органічних та мінеральних добрив, внесених розкидним способом на поверхні, із формуванням щільної плужної підошви на глибині обробітку, що призво-

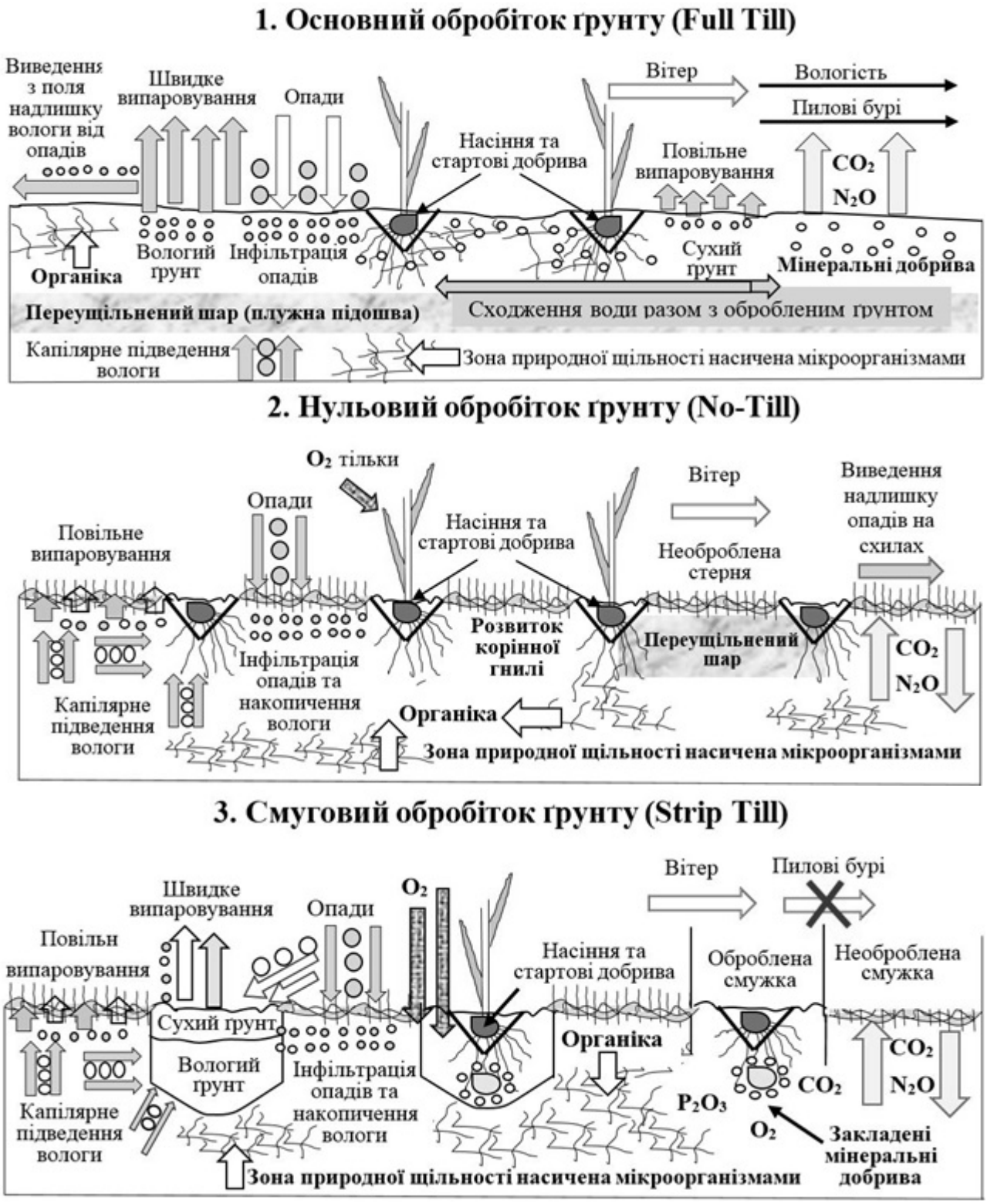


Рис. 1. Формування необхідних балансів для розвитку рослин у системах обробітку ґрунту

Джерело: Сформовано автором на основі [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]

дить до деградації ґрунту та погіршення природного його функціонування.

Плужну підошву ще можна назвати бар'єром, який повільно пропускає воду і після інтенсивних опадів або таїння снігу накопичує надлишкову вологу у площині обробітку і спрямовує її до низин (долинок), провокуючи вимокання посівів, а на великих схилах відбувається негативне сходження разом із водою обробленого шару ґрунту.

Одразу після обробітку пористість ґрунту характеризується відмінними показниками, але під час опадів каплі, рухаючись з великою швидкістю, ударяються о поверхню поля, подрібнюють ґрунтові агрегати і стаючи однорідною масою, закривають повітряні пори. Після закінчення опадів починається швидке випаровування вологи і висихання верхнього шару ґрунту та утворення ґрунтової кірки, яка зменшує повітрообмін ґрунтового середовища. У результаті рослини не отримують необхідну кількість кисню і необхідно проводити додаткове рихлення, що зумовлює збільшення виробничих витрат.

На рівнинних степових піщаних територіях суцільно оброблений ґрунт піддається іншій ерозії – пилові бурі, коли сильний вітер видуває дрібні пилові частинки ґрунту і зносить родючий шар, часто разом із посівами.

При нульовому обробітку обертання ґрунту і суцільного руйнування не відбувається, не має плужної підошви і природна пористість ґрунту значно краща у порівнянні з оранкою. Внутрішньо капілярне підведення вологи з нижніх прошарків сприяє забезпеченню необхідної для розвитку рослин вологи у період засухи. На жаль, наявний інший негативний фактор – ущільнення верхнього шару колесами сільськогосподарських машин та агрегатів. Рослинні рештки, приймаючи на себе перший удар дощової краплі, вбирають її енергію й таким чином зменшують руйнацію ґрунту, але ущільнення верхнього шару зменшує швидкість та якість поглинання води у глибші прошарки і вона спрямовується до низин так само як і при оранці, сповільнюється процес випаровування, місцями у долинках провокує перезволоження і розвиток кореневої гнилі. Звертаючи увагу на досвід фермерів, що працюють на схилах, можна зазначити збереженість цілісності ґрунту саме при застосуванні нульового обробітку, тому що залишені рослинні рештки сповільнюють швидкість руху води і зменшують вимивання ґрунту та пошкодження посівів, видування і переміщення ґрунту на інші території, зменшуються непередбачувані витрати на відновлення пошкоджень.

У порівнянні з основним обробітком ґрунту (Full Till) та нульовим (No Till) смуговий обробіток, поєднуючи переваги двох систем, сприяє відновленню природного балансу ґрунту, дозволяє, руйнуючи плужну підошву та ущільнення верхніх шарів, забезпечити якісну аерацію та прогрівання ґрунту для активації корисної біологічної діяльності у необроблених смужках з формуванням капілярної сітки для кращої інфільтрації води та підведення вологи у період засухи.

Спочатку оброблена смужка ґрунту має розрихлений стан, швидше прогрівається, частково випаровується не поглинута волога, руйнування плужної підошви дозволяє накопичувати вологу у глибоких шарах. Під час опадів в обробленій смужці, також як і при оранці, руйнуються ґрунтові агрегати, закриваються пори і утворюється ґрунтова кірка. У не обробленій частині подібно No-till формується капілярна сітка, якою накопичена волога рухається до коріння і рослина забезпечується повітрям, зменшується сила руйнування і вода рухається довше у напрямку до оброблених смужок упродовж вегетації.

При перезволоженні у фермерів є можливість провести відкриття вологи в оброблених смужках боронуванням або культивуванням з одночасним підживленням. У період засухи навпаки сформована ґрунтова кірка зменшить активність випаровування вологи, а повітрообмін кисню та вуглекислого газу буде відбуватися через капілярність у необроблених смужках.

Для розвитку рослин необхідні поживні речовини, розміщені у ґрунті, утворені у процесі кругообігу або штучно внесені і які мають різні властивості вивітрювання, рухомості та розчинності. Азот має високу рухомість і може зміщуватись у просторі до поверхні, місце його розташування суттєво не впливає на доступність рослинам, але часто не потрапляючи до них, просто вивітрюється у повітря, особливо при оранці. Фосфор і калій навпаки є мало рухомими у порівнянні з азотом, їх розміщення повинно бути локальним і рівномірним у зоні розвитку коріння. Тому вносити добрива розкидним способом на поверхні ґрунту є неефективним, оскільки при цьому відбуваються втрати поживних речовин вивітрюванням та вимиванням, а також

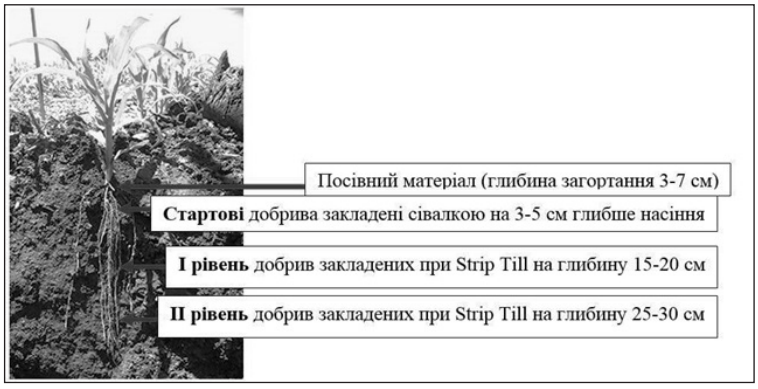


Рис. 2. Рівні внесення добрив при смуговому обробітку ґрунту.

Джерело: Сформовано автором на основі [1; 3; 4; 8; 9; 10; 14]

Рис. 3. Елементи оцінки ефективного застосування смугового обробітку ґрунту

Джерело: Сформовано автором на основі [3; 4; 6; 10; 11; 14]

через недоступність рослинам, коли мінеральні та органічні добрива перемішуються з ґрунтом і хаотично розміщуються у площині обробітку.

Розглядаючи кореневу систему, наприклад, кукурудзи (рис. 2), як споживача поживних речовин, потрібно враховувати її розгалуженість та направленість розвитку відповідно до площини обробітку. Необхідно одночасно вносити декілька елементів живлення з розділенням їх на різній глибині. На початковому етапі розвитку рослина використовує власну початкову енергію, підтриману стартовими добривами, закладеними сівалкою на глибину 3-5 см глибше насінини. Потім їй необхідні поживні речовини на більшій глибині.

Після оранки кореню необхідно віднайти потрібні добрива, що були внесені у розкид, при нульовій обробці добрива додаються лише поверхнево у сухому або розчиненому вигляді. Розміщення добрив безпосередньо біля кореневого стовбура може пошкодити його і затримати ріст та розвиток кореневої системи.

Застосування технології смугового обробітку ґрунту дозволяє виконувати точне розміщення у зоні розвитку кореневого розгалуження і сприяти розвитку на різних глибинах концентрованих норм калійних і фосфорних мінеральних добрив, знижує швидкість їх реакцій у ґрунтовому водяному розчині і вони довше залишаються доступними для рослин відповідно до потреб певного вегетаційного періоду. Також перевагою смугового обробітку над нульовим та основним, є можливість прикореневого підживлення рослин азотними добривами безпосередньо у ґрунті, зменшуючи його вивітрювання.

Для ефективного використання технології смугового обробітку потрібно враховувати складові (рис. 3), які безпосередньо впливають на неї.

Відповідно необхідно вивчати геодезію земельних ділянок, зважати на глибину ґрунтових вод, розміщення до водойм та населених пунктів, слідкувати за змінами у навколишньому середовищі, температурним режимом, кількістю опадів, силою та напрямом вітру, проводити агрохімічний аналіз ґрунтів, оперативно планувати диференційоване внесення добрив та використовувати науково-обґрунтовані сівозміни.

Висновки. При використанні технології смугового обробітку відбувається більш швидке прогрівання обробленої смужки, що забезпечує прискорення проростання насіння, одночасно зменшується прогрівання та проростання бур'янів у необроблених смужках, а також забезпечується природне регулювання повітряно-водяного балансу.

Література

1. Беляева О.Н. Система No–till и ее влияние на доступность азота почв и удобрений: обобщение опыта. Земледелие. 2013. № 7. С. 16–18.
2. Гаврилов С. Проблема плужної підошви у ґрунті та шляхи її вирішення. Пропозиція. 2015. № 10 (243). С. 70–73.
3. Герман Вілфрід. Особливості застосування та переваги технології Strip Till. Агроном. 2011. № 4 (50). С. 70–73.
4. Гронау Ян Преимущества полосной обработки почвы (стрип тилл) в долгосрочной перспективе. URL: https://www.striptillfarmer.com/articles/1431-digging-into-the-soil-health-benefits-of-long-term-strip-tilling (дата звернення 22.02.2018).
5. Ґольдбергер Р. Strip–till на ріпаку. Підбиття підсумків. Agroexpert. 2013. № 9. С. 28–31.
6. Жолобецький Г. «Стрип-тілл»: шляхом проб і помилок. Пропозиція. 2013. № 2. С. 26–30.
7. Косолап М.П., Кротінов О.П. Система землеробства No–Till. Дощові черв'яки. Эксклюзивные технологии. 2013. № 3. С. 14–17.
8. Логинова И. Успешный менеджмента фосфора. Агроном. 2016. № 3 (53). С. 71–73.
9. Мюррелл Т.С. Как способ внесения может повысить эффективность калийных удобрений. Агроном. 2015. № 4 (50). С. 70–73.
10. Надточій П.П., Мислива Т.М., Вольвач Ф.В. Екологія ґрунту: монографія. Житомир: ПП Рута, 2010. 473 с.
11. Обработка почвы при интенсивном возделывании полевых культур / под ред. и с предисл. А.С. Кушнарева. М.: Агропромиздат, 1988. 248 с.: ил.
12. Петерсон Г. No-Till как способ управлением накоплением влаги в почве. Зерно. 2006. № 8. С. 66–74.
13. Стегеенборг С. Глобальный круговорот углерода. Зерно. 2006. № 9. С. 42–47.
14. Шустік Л., Мартиніна Л., Новохацький М., Мартинін С. Стрип-тилл в малых и средних хозяйствах: перспективы внедрения. Пропозиція. 2016. № 7/8 (252). С. 168–172.

УДК [543.393:582.263](574.63)

ТОКСИЧНИЙ ВПЛИВ ГЕРБІЦИДІВ НА ЗЕЛЕНУ МІКРОВОДОРІСТЬ *DESMODESMUS SUBSPICATUS*

Незбрицька І.М., Хижняк С.В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, 03041, м. Київ
inna_imn@ukr.net
khs2014@ukr.net

Проведено токсикологічну оцінку гербіцидів, що відносяться до хімічного класу хлорацетаніліди, методом біотестування на зеленій мікроводорості *Desmodesmus subspicatus.* Встановлено, що препарати на основі діючої речовини s-метолахлор (960 г/дм^3) чи пропізохлор (720 г/дм^3) характеризуються високою токсичністю щодо представника автотрофної ланки водних екосистем та викликають істотне пригнічення росту та морфологічні зміни культури мікроводорості. Це необхідно враховувати при захисті водної екосистеми від негативного впливу гербіцидних препаратів. *Ключові слова:* гербіциди, токсичність, зелені водорості, ріст.

Токсическое воздействие гербицидов на зелёную микроводоросль *Desmodesmus subspicatus***. Незбрицкая И.Н., Хижняк С.В.** Проведена токсикологическая оценка гербицидов, относящихся к химическому классу хлорацетанилиды, методом биотестирования на зелёной микроводоросли *Desmodesmus subspicatus.* Установлено, что препараты на основе действующего вещества s-метолахлор (960 г/дм^3) или пропизохлор (720 г/дм^3) характеризуются высокой токсичностью по отношению к представителю автотрофного звена водных экосистем и вызывают существенное замедление роста и морфологические изменения культуры микроводоросли. Это необходимо учитывать при защите водной экосистемы от негативного влияния гербицидных препаратов. *Ключевые слова:* гербициды, токсичность, зеленые водоросли, рост.

Toxic influence of herbicides on the green microalgae *Desmodesmus subspicatus***. Nezbrytska I., Khyzhnyak S.** The toxicological assessment of herbicides belonging to the chemical class of chlorocetanilides by the method of biotesting on green microalgae *Desmodesmus subspicatus* has been carried out. It has been established that preparations based on the active substance s-metolachlor (960 g/dm^3) or propiochlor (720 g/dm^3) are characterized by high toxicity with respect to the representative of the autotrophic part of aquatic ecosystems and cause significant growth inhibition and morphological changes in the culture of microalgae. This should be taken into account when protecting the aquatic flora from the adverse effects of herbicide preparations. *Key words:* herbicides, toxicity, green algae, growth.

Постанова проблеми. Щороку у світовому сільському господарстві використовують кілька мільйонів тонн пестицидів, що призводить до розповсюдження токсичних речовин у ґрунті та природних водах [3; 4; 7]. Потрапивши до водойм, пестициди включаються у біогеохімічні цикли, у результаті чого водні організми, а також мул накопичують їх у кількості, яка може перевищувати концентрацію у воді [3]. Крім того, при загибелі флори і фауни відбувається десорбція пестициду і його метаболітів, тобто вторинне забруднення водойм. У зв'язку з цим контроль та своєчасне прогнозування можливих наслідків надходження пестицидів у водні об'єкти сприяє безпечному функціонуванню водних систем. Враховуючи широкий спектр та шляхи дії сучасних пестицидів, методи, за допомогою яких можна оцінити їх екотоксичність, повинні володіти високим рівнем чутливості та невисокою специфічністю. Сучасні тенденції в екологічному контролі хімічних речовин усе більше відображають біотичний підхід, зокрема це стосується методу біотестування [1]. Результати чисельних експериментальних досліджень [7; 8; 9; 11] свідчать, що важливим тест-об'єктом для оцінки екотоксичності пестицидів є мікроводорості. Вони характеризуються коротким життєвим циклом, що дозволяє за невеликий термін простежити вплив токсичних речовин на ці організми у ряді поколінь і оцінити його віддалені наслідки. Крім того, висока питома поверхня клітин мікроводоростей сприяє інтенсивному накопиченню токсикантів та, відповідно, швидкій відповіді на їх дію [5].

Постановка завдання. У загальному обсязі пестицидів, що використовуються на сьогодні, частка гербіцидних препаратів наближається до 70% [1]. Серед них високою токсичністю для водної біоти характеризуються гербіциди, що відносяться до хімічного класу хлорацетаніліди (аміди, хлорацетаміди) [8] та використовуються до посіву чи сходів культур.

У зв'язку з цим, мета даної роботи – оцінка токсичності сучасних гербіцидних препаратів, що містять діючі речовини класу хлорацетаніліди методом біотестуванням на зеленій мікроводорості *Desmodesmus subspicatus*.

Матеріал та методи досліджень. Досліджували два гербіцидних препарати у формі КЕ – концентрат, що швидко емульгується. Для першого препарату вміст діючої речовини s-метолахлор складав 960 г/дм^3, а для другого вміст діючої речовини пропізохлор – 720 г/дм^3. У табл. 1 наведена фізико-хімічна характеристика діючих речовин гербіцидних препаратів.

Таблиця 1

Фізико-хімічна характеристика діючих речовин досліджуваних гербіцидів [13; 14]

Назва діючої речовини	Хімічна формула	Температура кипіння, °С	Температура плавлення, °С	Розчинність у воді
s-метолахлор	$C_{15}H_{22}ClNO_2$	334	-61,1	при 20°С 480,0 мг/дм^3
пропізохлор	$C_{15}H_{22}ClNO_2$	277	21,8	при 20°С 90,8 мг/дм^3

Експерименти проводили згідно з рекомендованою методикою ДСТУ ISO 8692:2010 [2]. У дослідах використовували альгологічно чисту культуру прісноводної одноклітинної водорості *Desmodesmus subspicatus* (=Scenedesmus subspicatus) (Chodat) E.Hegewald & A.Schmidt IBASU-A 303 на логарифмічній стадії розвитку (4-денного віку). Водорість вирощували на стандартному середовищі при температурі 20±2ºС та освітленості 6-6,5 клк (з чергуванням світлового та темнового періодів 16:8) [2].

Основним критерієм стану культури водоростей слугував показник сповільненості росту, який досліджували при 24-, 48-, 72- та 96-годинній експозиції. Препарат із вмістом діючої речовини s-метолахлор (960 г/дм^3) додавали у середовище росту культури у концентрації: 0,01; 0,025; 0,05; 0,1 та 0,5 мг/дм^3. Препарат із вмістом діючої речовини пропізохлор (720 г/дм^3) додавали у середовище росту культури у концентрації: 0,001; 0,005; 0,01; 0,025 та 0,05 мг/дм^3. Контролем слугувала культура водорості, яку вирощували на живильному середовищі без додавання гербіцидів.

Критерієм токсичності є достовірне зниження (на 50% та більше) інтенсивності росту водорості у дослідних варіантах порівняно із контролем [2].

Інтенсивність росту визначали у динаміці шляхом підрахунку чисельності клітин водорості у камері Горяєва за використання методу мікроскопії.

Середню питому швидкість росту обчислювали за формулою:

$$\mu = \ln x_1 - \ln x_0 / t_1 - t_0,$$

де μ– середня питома швидкість росту, x_0 – номінальна початкова чисельність клітин; x_1 – чисельність клітин, яку вимірювали в період часу t_1; t_0 – час початку випробувань; t_1 – час закінчення випробувань (або час останнього вимірювання).

Відсоток сповільненості росту водорості обчислювали за формулою:

$$I\mu i = ((\mu c - \mu i) / \mu c) \acute{} \ 100,$$

де Iμi – відсоток сповільненості росту водорості (швидкості росту) за концентрації проби для випробування і; μc – середня питома швидкість росту у контрольній пробі; μi – середня питома швидкість росту у дослідній пробі.

Середню ефективну концентрацію (EC50) розраховували із графіків, які побудовані у координатах (пригнічення росту водорості, % – концентрація препарату мг/ дм^3) [2].

Статистична обробка даних проводилася із застосуванням програм MS Excel та STATISTICA 6.0.

Результати досліджень. На рис. 1 представлено чисельність клітин *Desmodesmus subspicatus* у динаміці за впливу гербіциду (діюча речовина s-метолахлор, 960 г/дм^3). Отримані результати свідчать (табл. 2), що після внесення до живильного середовища препарату у концентрації 0,01, 0,025 та 0,05 мг/дм^3 реєструється тимчасове перевищення кількості клітин відносно контролю (через 24-годинної експозиції), що свідчить про прискорення процесів їх поділу. Однак, надалі спостерігається уже зменшення приросту клітин.

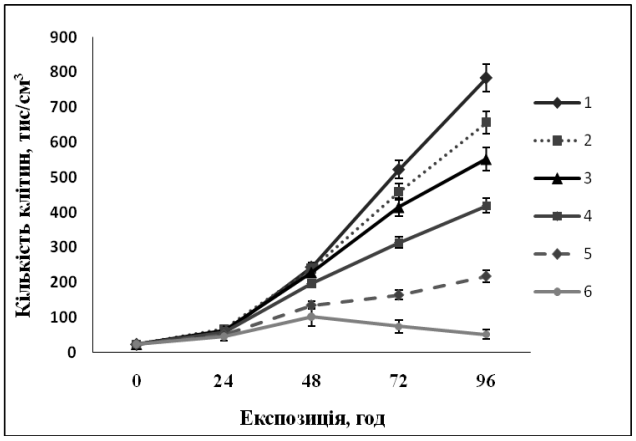


Рис. 1. Динаміка кількості клітин Desmodesmus subspicatus за дії гербіциду (діюча речовина s-метолахлор, 960 г/ дм^3) у різних концентраціях: 1 – контроль; 2 – 0,01 мг/дм^3 ; 3 – 0,025 мг/дм^3 ; 4 – 0,05 мг/дм^3 ; 5 – 0,1 мг/дм^3 ; 6 – 0,5 мг/дм^3, (M±m, n=5)

Натомість (рис. 1), із внесенням препарату у концентраціях 0,1 та 0,5 мг/дм^3 зменшення чисельності клітин відносно контролю відбувається протягом усього експерименту, особливо на 72- та 96-годинну експозицію ($p \leq 0,01$ за t-критерієм Стьюдента). Згідно з проведеними розрахунками, на 72-гу та 96-ту годину відсоток сповільненості росту культури за концентрації гербіциду 0,5 мг/дм^3 становить 63,73 та 77,76 відповідно (табл. 2).

Крім того, за концентрацій 0,05; 0,1 та 0,5 мг/дм^3 спостерігаються морфологічні зміни культури (на 72- та 96-годинну експозицію): поява деформованих та знебарвлених клітин, що, очевидно, пов'язано із пригніченням процесів біосинтезу хлорофілу а або посиленням його деградації. Враховуючи те, що мікроводорості є основними продуцентами кисню

та органічної речовини у водоймах, то пригнічення їх функціонування негативно впливатиме на функціонування водної екосистеми у цілому.

Графічно розраховано [2], що медіальна летальна концентрація (EC_{50}) гербіцидного препарату (діюча речовина s-метолахлор, 960 г/дм^3) для *Desmodesmus subspicatus* протягом експозиції дії препарату зменшується і складає на 72 год – 0,26 мг/дм^3, а на 96 год – 0,14 мг/дм^3. Згідно з класифікацією СГС [10], він відноситься до високотоксичних речовин (клас небезпечності I).

Таблиця 2

Пригнічення (%, щодо контролю) росту *Desmodesmus subspicatus* за дії гербіциду (діюча речовина s-метолахлор, 960 г/дм^3)

Концентрація гербіциду, мг/дм^3	Експозиція, год			
	24	48	72	96
0,01	+24,49	0,78	4,26	5,09
0,025	+17,08	2,81	7,45	10,09
0,05	+9,18	9,26	16,53	18,01
0,1	9,13	18,14	37,06	44,74
0,5	20,74	37,59	63,73	77,76

Примітка: знак (+) означає перевищення кількості клітин водорості у дослідному варіанті порівняно з контролем.

Одержані результати щодо високої токсичності s-метолахлору по відношенню до зелених мікроводоростей узгоджуються з даними наукової літератури [8; 10]. Зокрема показано, що s-метолахлор є інгібітором мітозу і за концентрації 0,1 мг/дм^3 у культури *Nannochloris oculata Droop* спостерігається пригнічення приросту біомаси на 75%, а також пригнічення біосинтезу ліпідів, оскільки їх вміст зменшується вдвічі порівняно з контролем [8]. Крім того, s-метолахлор характеризується високою токсичністю і для морської діатомової водорості *Ditylum brightwellii* та дінофлагеляти *Prorocentrum minimum.* В умовах дії гербіциду для цих водоростей спостерігається істотне пригнічення росту та зниження вмісту основного фотосинтетичного пігменту – хлорофілу а. Медіальна летальна концентрація (EC_{50}) s-метолахлор на 72-гу годину експозиції для *Ditylum brightwellii* складає 0,42, а для *Prorocentrum minimum* 0,07 мг/дм^3 [9].

Подібні дослідження стосовно росту зеленої водорості *Desmodesmus subspicatus* за дії гербіциду проведено для препарату з діючою речовиною пропізохлор, 720 г/дм^3. Перевагою пропізохлору, порівняно з іншими ґрунтовими гербіцидами, є те, що він проявляє високу ефективність незалежно від погодних умов, у тому числі при пониженій вологості ґрунту [14].

Опираючись на отримані результати (рис. 2, табл. 3), можна зазначити, що за концентрації досліджуваного гербіциду 0,001 та 0,005 мг/дм^3 істотних змін функціональної активності *Desmodesmus subspicatus* не спостерігається.

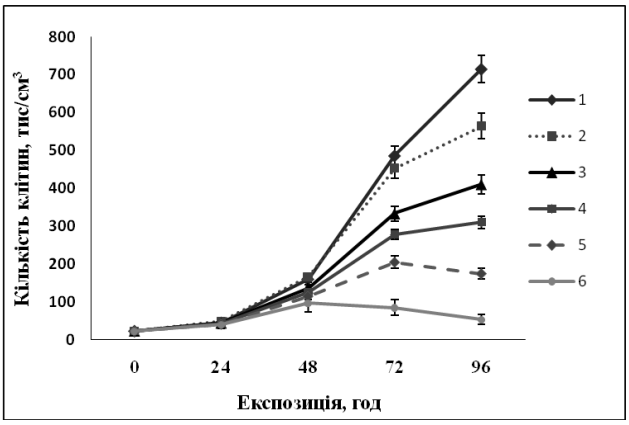


Рис. 2. Динаміка кількості клітин Desmodesmus subspicatus за дії гербіциду (діюча речовина пропізохлор, 720 г/ дм^3) у різних концентраціях: 1 – контроль; 2 – 0,001 мг/дм^3; 3 – 0,005 мг/дм^3; 4 – 0,01 мг/дм^3; 5 – 0,025 мг/дм^3; 6 – 0,05 мг/дм^3, (M±m, n=5)

Проте (рис. 2) при концентрації 0,01 мг/дм^3 та вище на 72-гу та 96-ту годину експозиції відбувається значне зменшення кількості клітин відносно контрольних значень ($p \leq 0,01$ за t-критерієм Стьюдента). Згідно з проведеними розрахунками, максимальний відсоток сповільненості росту культури реєструється за концентрації гербіциду 0,05 мг/дм^3, який на 72-гу та 96-ту годину становить 57,04 та 74,81% відповідно (табл. 3).

Стосовно інших показників стану клітин водоростей, починаючи з 2-ї доби експерименту за дії гербіциду (0,01 та 0,05 мг/дм^3), спостерігаються морфологічні порушення клітин, які виражаються у появі роздутих та знебарвлених клітин. Під кінець експерименту за концентрації препарату 0,05 мг/дм^3 деформація клітин досягала 100%. Отже, негативний ефект дії гербіциду посилюється у залежності від його концентрації.

Таблиця 3

Пригнічення (%, щодо контролю) росту *Desmodesmus subspicatus* за дії гербіциду (діюча речовина пропізохлор, 720 г/дм^3)

Концентрація гербіциду, мг/дм^3	Експозиція, год			
	24	48	72	96
0,001	+11,46	+2,01	2,35	6,87
0,005	2,18	7,65	12,37	16,17
0,01	7,79	12,36	18,31	24,31
0,025	12,43	16,79	28,33	36,47
0,05	19,68	25,37	57,04	74,81

Примітка: знак (+) означає перевищення кількості клітин водорості у дослідному варіанті порівняно з контролем.

Графічно розраховано [2], що медіальна летальна концентрація (ЕС50) гербіцидного препарату (діюча речовина пропізохлор, 720 г/дм^3) для *Desmodesmus subspicatus* протягом експозиції його дії зменшується і складає на 72 год – 0,044 мг/дм^3, а на 96 год – 0,032 мг/дм^3. Згідно з класифікацією СГС [10], препарат можна класифікувати як надзвичайно токсичний, клас небезпечності I.

Отримані результати підтверджують дані наукової літератури, зокрема для зеленої мікроводорості Pseudokirchneriella subcapitata (Korshikov) Hindak ЕС50 пропізохлору на 72-гу годину експозиції складає 0,0028 мг/дм^3 [7].

Таким чином, отримані результати свідчать про високу токсичність гербіцидних препаратів, що містять діючу речовину як s-метолахлор, 960 г/дм^3, так і пропізохлор, 720 г/дм^3. Причому s-метолахлор за концентрації 0,1 мг/дм^3 і вище пригнічує ріст *Desmodesmus subspicatus* та може викликати порушення основних метаболічних процесів у водоростей. Токсичний ефект пропізохлору проявляється при нижчих концентраціях, що може призводити до деформації клітин.

Згідно з даними екотоксикологічних досліджень [11; 12; 15], фітопланктон є основною мішенню ушкоджуючої дії хлорацетанілідів і водорості, порівняно з водними організмами вищих трофічних рівнів, більш чутливі до цієї групи пестицидів. Враховуючи це та опираючись на отримані результати, необхідним є дослідження шляхів впливу гербіцидів на різні групи водоростей, що мешкають як у прісних, так і солоних водоймах для оцінки їх екотоксиксичності.

Висновки. Токсичний вплив гербіциду на основі діючої речовини s-метолахлор, 960 г/дм^3 проявляється у пригніченні росту та морфологічних змінах культури зеленої мікроводорості *Desmodesmus subspicatus*, а розрахована медіальна летальна концентрація (ЕС50) препарату складає на 72 год – 0,26 мг/дм^3, а на 96 год – 0,14 мг/дм^3.

Вплив гербіциду на основі діючої речовини пропізохлор, 720 г/дм^3 викликає істотне пригнічення росту та морфологічні зміни культури зеленої мікроводорості *Desmodesmus subspicatus*, а розрахована медіальна летальна концентрація (ЕС50) препарату складає на 72 год – 0,044 мг/дм^3, а на 96 год – 0,032 мг/дм^3.

Досліджувані гербіцидні препарати, що відносяться до хімічного класу хлорацетаніліди, характеризуються високим ступенем ризику по відношенню до автотрофної ланки водних екосистем. Це потребує проведення екотоксикологічних досліджень гербіцидів на різних групах водоростей.

Література

1. Вембер В.В., Дітяшова І.Г. Вплив гербіцидних препаратів на каталазну активність Elodea canadensis Michx. Вісник НТУУ «КПІ». Серія: «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». 2016. № 1. С. 56-60.
2. ДСТУ ISO 8692:2010 Якість води. Визначення сповільненості росту прісноводних одноклітинних зелених водоростей. [Чинний від 2010-12-28]. Київ, 2011. 12 с.
3. Коваль В.В., Наталочка В.О., Ткаченко С.К., Міненко О.В. Динаміка залишкових кількостей пестицидів у водах сільськогосподарського призначення в умовах Полтавщини. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2011. № 1. С. 22–26.
4. Колесник Н.Л. Токсичний вплив пестицидів на біоту прісних водойм України (огляд). Рибогосподарська наука України. 2015. № 4. С. 31–53.
5. Маркина Ж.В., Айздайчер Н.А. Биотестирование воды из залива Петра Великого (Японское море) с помощью микроводоросли Dunaliella salina. Экология. 2008. № 3. С. 196–200.
6. Согласованная на глобальном уровне система классификации и маркировки химической продукции (СГС): Пятое пересмотренное издание. ООН, Нью-Йорк и Женева, 2013. 645 с.
7. Cedergreen N., Streibig J.C. The toxicity of herbicides to non-target aquatic plants and algae: assessment of predictive factors and hazard. Pest Manag Sci. 2005. 61(12). P. 1152-60.
8. Deng L., Senseman S.A., Gentry T.J. et al. Effect of selected herbicides on growth and lipid content of Nannochloris oculata. Journal of Aquatic Plant Management. 2015. Vol. 53. P. 28–35.
9. Ebenezer V., Ki J.S. Quantification of toxic effects of the herbicide metolachlor on marine microalgae Ditylum brightwellii (Bacillariophyceae), Prorocentrum minimum (Dinophyceae), and Tetraselmis suecica (Chlorophyceae). Journal of Microbiology. 2013. 51(1). P. 136–139.
10. Fairchild J.F., Ruessler D.S., Haverland P.S., Carlson A.R. Comparative sensitivity of Selenastrum capricornutum and Lemna minor to sixteen herbicides. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 1997. 32. P. 353–357.
11. Junghans M., Backhaus T., Faust M., Scholze M., Grimme L.H. Predictability of combined effects of eight chloroacetanilide herbicides on algal reproduction. Pest Manag Sci. 2003. 59. P. 1101–1110.
12. Liu H., Ye W., Zhan X., Liu W. A comparative study of rac- and S-metolachlor toxicity to Daphnia magna. Ecotoxicol Environ Saf. 2006. 63. P. 451–455.
13. PPDB: Pesticide Properties DataBase. S-metolachlor. URL: https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/1027.htm
14. PPDB: Pesticide Properties DataBase. Propisochlor. URL: https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/1380.htm
15. Viegas C.A., Costa C., André S., Viana P., Ribeiro R., Moreira-Santos M. Does S-metolachlor affect the performance of Pseudomonas sp. strain ADP as bioaugmentation bacterium for atrazine-contaminated soils? PLoS One. 2012. Vol. 7(5). P. 1–9.

УДК [622.3.002.68:504.064.4]:622.235.213

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧОРУДНОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО МАТЕРІАЛУ НАБІЙКИ У ЗАРЯДАХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН

Іщенко О.К.[1], Кратковський І.Л.[2], Іщенко К.С.[2]
[1]ДВНЗ«Національний гірничий університет»
пр. Дмитра Яворницького, 19, 49005, м. Дніпро
Kam1c@ua.fm
ishenko_k@i.ua
[2]Інститут геотехнічної механіки імені М.С. Полякова
Національної академії наук України
вул. Сімферопольська, 2а, 49005, м. Дніпро
kratkovsky@i.ua

Для підвищення якості матеріалу набійки шляхом поліпшення його фізико-механічних характеристик виконані дослідження з розробки нових складів пружно-пластичної твердіючої суміші, що розширюється, для набійки шпурових і свердловинних зарядів, основним компонентом яких був обраний природний ангідрит (сульфат кальцію – $CaSO_4$) і доменний шлак. Основна особливість цих складів полягає у тому, що у розробці їх використані інгредієнти, які є відходами переробки гірничодобувного комплексу, деревопереробної та металургійної промисловості. *Ключові слова:* гірничовидобувна промисловість, відходи, заряди вибухової речовини, набійка, ефективність.

Использование отходов горнорудного производства для эффективного материала забойки в зарядах взрывчатых веществ. Ищенко А.К., Кратковский И.Л., Ищенко К.С. Для повышения качества забоечного материала за счет улучшения его физико-механических характеристик выполнены исследования по разработке новых составов упругопластической расширяющейся смеси для забойки шпуровых и скважинных зарядов, основными компонентами которых был выбран природный ангидрит (сульфат кальция – $CaSO_4$) и доменный шлак. Основная особенность этих составов состоит в том, что в разработке их использованы ингредиенты, являющиеся отходами переработки горнодобывающего комплекса, деревоперерабатывающей и металлургической промышленностей. *Ключевые слова:* горнодобывающая промышленность, отходы, заряды взрывчатого вещества, забойка, эффективность.

Using mining waste for effective stemming material into the explosive charge. Ishchenko A., Kratkovsky I., Ishchenko K. To improve the quality of the stemming material due to the improvement of its physical and mechanical characteristics, studies have been carried out on the development of new compositions of an elastoplastic expanding mixture for the drilling of borehole and borehole charges, the main components of which were selected from natural anhydrite (calcium sulfate – $CaSO_4$) and blast-furnace slag. *Key words:* mining industry, waste, charges of explosive, stemming, efficiency.

Постановка проблеми. Відходи переробки корисних копалин стають техногенним компонентом довкілля у гірничодобувних регіонах, а негативні наслідки їх розміщення на земній поверхні очевидні. Породні відвали є одним з джерел привнесення у довкілля значної кількості забруднюючих речовин, які прямо або опосередковано впливають на стан здоров'я населення.

Актуальність дослідження. Загрозлива ситуація спостерігається у разі розміщення породних відвалів вугільних шахт на територіях сільськогосподарських угідь. Окрім прямого відчуження земель та вилучення їх із сільськогосподарського використання, вплив відвалів на екологічний стан ґрунтових систем пов'язаний з цілим комплексом техногенних процесів, у тому числі з кислотним стіканням з поверхні, а також вилуговуванням мінералів. Винесення компонентів з поверхні породних відвалів сприяє переходу у розчин солей лужних та лужноземельних елементів, сульфідів, важких металів та ін. [1].

Накопичення зазначеної кількості промислових відходів являє собою одну з причин негативних наслідків на екологічний, медичний, соціальний і демографічний стан територій з розвинутою видобувною і переробною промисловістю. Тому питання зниження обсягів накопичених твердих відходів промисловості, у тому числі шляхом їх більш широкого застосування при видобутку корисних копалин за допомогою енергії вибуху, залишаються актуальними і вимагають практичного вирішення.

Новизна. Для підвищення якості матеріалу набійки шляхом поліпшення його фізико-механічних властивостей ДВНЗ «Національний гірничий університет» спільно з Інститутом геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України виконані дослідження з розробки нових складів пружно-пластичної твердіючої суміші, що розширюється, для набійки шпурових і свердловинних зарядів, основним компонентом яких був обраний природний ангідрит (сульфат кальцію – CaSO4) і доменний шлак.

Основна особливість цих складів полягає у тому, що в їх розробці використані інгредієнти, які є відхо-

дами переробки гірничодобувного комплексу, деревопереробної та металургійної промисловості.

Обґрунтування раціонального співвідношення компонентів у складі суміші проводилося з використанням лінійної моделі планування експериментів при пошуку оптимальних умов [2], і оцінювалося воно по водотвердому відношенню (відношення маси твердих компонентів до маси води) і коефіцієнту спучування поверхні, що характеризує збільшення обсягу при затвердінні по відношенню до вихідного обсягу.

Попередні випробування показали, що внаслідок взаємодії відходів – доменного шлаку, доломітового пилу і лігносульфонатів – у першому варіанті, лігносульфонатів і відходів збагачення вугілля (хвости) – у другому, доломітового пилу, лігносульфонатів і відходів збагачення вугілля (хвости) – у третьому, суміші, що твердіють, за своїм структурним складом перетворюються у комірковий матеріал [3]. Отримані композиції при з'єднанні між собою утворюють безліч комірок, які, зливаючись, перекривають і заповнюють міжфракційний простір природного ангідриту у суміші.

Структура коміркового матеріалу формується під час спучування його від взаємодії доломітового пилу і хвостів з солями сірчаної кислоти, які є основою лігносульфонатів. Сольові розчини лігносульфонатів, огортаючи частки в'яжучого – доломітовий пил і хвости, заповнюють міжфракційний поровий простір, утворюючи комірки, в яких протікає екзотермічна реакція, що супроводжується виділенням тепла і утворенням вуглеводневих сполук і поризацією суміші, що твердіє. У процесі взаємодії компонентів суміші всередині неї утворюються газові бульбашки. Зі збільшенням їх кількості та розмірів міжфракційні відстані зменшуються, а отже, стають тоншими міжпорові розчинні стінки-перегородки, властивості яких значною мірою впливають на якість формованої структури.

При недостатній кількості води у суміші і переважання дрібних фракцій природного ангідриту під час формування структури коміркового матеріалу міжпорові стінки недостатньо еластичні і міцні. Під тиском газу, котрий утворюється, пори руйнуються, відбувається їх злиття, і формуються газопровідні капіляри, по яких газ спрямовується вгору і виділяється через поверхню матеріалу, що спучується.

Для обґрунтування і вибору оптимальної кількості фракцій природного ангідриту, їх кількості в суміші і виду добавок, що вводяться, а також процентного співвідношення їх у загальній масі суміші необхідно було встановити вплив розміру цих фракцій на якість набієчного матеріалу. З цією метою у лабораторних умовах природний ангідрит руйнували у кульовому млині. Зруйнований ангідрит продовжували подрібнювати в агатовій ступці сухим помелом до певних розмірів різних фракцій. Після цього подрібнену масу ангідриту методом ситового аналізу поділяли на такі фракції: (+ 0-0,2) мм; (+ 0,2-0,315) мм; (+ 0,315-0,4) мм; (+ 0,4-1,0) мм; (+ 1,0-2,5) мм. Потім, в отриману подрібнену масу (88,7%), розділену по фракціям, додавали: хвости – відходи збагачення вугілля, доломітовий пил, лігносульфонати, алюмокалієвий галун $KAl(SO_4)_2 \cdot 10H_2O$. В отриману композицію додавали воду. Після затвердіння суміші визначалася її щільність відповідно до ГОСТ 10181.2-81 [4].

Виклад основного матеріалу. Раніше виконаними дослідженнями [5] встановлено, що швидкість твердіння ангідритного в'яжучого залежить від розміру фракцій природного ангідриту і виду введеної добавки. Причому, чим тонше помел продукту, тим більше сумарна поверхня частинок. Тому потрібна більша кількість води для його консолідації. Однак введення води більшої кількості, ніж необхідно для повної гідратації частинок ангідриту, призводить до зниження міцності суміші, що не бажано. Для забезпечення гарної схоплюючої здатності ангідриту у суміші необхідно включати до її складу не менше 35% другої фракції діаметром 0-0,2 мм і більше [5]. Ця фракція була взята за основу суміші, а проведені дослідження підтвердили вплив обраної фракції подрібненого ангідриту і інших добавок, що мають такі ж розміри фракцій і масу на заповнення міжзернового простору, що забезпечує високу міцність отриманого набієчного матеріалу (табл. 1).

Таблиця 1

Значення щільності суміші при різних співвідношеннях других фракцій ангідриту

Розміри другої фракції у суміші, мм	0,2-0,315	0,40-1,0	1,00-1,60
Щільність суміші, $\rho \cdot 10^3$, кг / м^3	2,13-1,92	1,90-1,87	1,43-1,12

Як видно з табл.1, зі збільшенням другої фракції ангідриту або інших добавок, що входять до складу суміші, щільність маси, яка твердіє, зменшується, причому істотно, коли розмір частинок перевищує 1 мм. З нашої точки зору це пояснюється тим, що при розмірі частинок понад 1 мм збільшується пористість суміші через нещільну упаковку зерен, а це призводить до погіршення властивостей набієчного матеріалу, оскільки збільшуються фільтраційні властивості суміші. Дослідженнями також встановлено, що використання 2-х фракцій ангідриту і однієї фракції добавок у суміші не робить істотного впливу на її фізико-механічні характеристики, але ускладнює технологію її приготування. Тому надалі нами використовувалися 2-х фракційні склади: природний ангідрит і зв'язуючи добавки.

Таким чином, за результатами експериментальних досліджень була розроблена технологія виготовлення твердіючої суміші, в якій як основний

компонент використовувався подрібнений природний ангідрит розміром фракції (2,0-4,0 мм) – 60% і 40% – добавки, тобто відходи збагачення вугілля $d_{фр}$ = 0,25-0,3 мм, доменний шлак фракції $d_{фр}$ = 0,4-1,0 мм і доломітовий пил $d_{фр}$ = 0-0,25 мм.

Оскільки поставлена задача вимагала створення набієчного матеріалу, здатного розширюватися у процесі затвердіння, нами були випробувані лігносульфонати [6] – солі лігносульфонових кислот, які володіють такими властивостями. Вони досить дешеві і є відходами сульфітного способу отримання целюлози. Товарна назва цього продукту – «концентрати сульфітів – дріжджової бражки – КБТ, КБЖ».

Після підбору всіх компонентів, що входять до складу розробленої нами суміші, необхідно було встановити раціональне їх співвідношення, для чого використовувалася лінійна модель планування експериментів, заснована на варіюванні чинників за трьома рівнями [2]. Необхідна кількість дослідів N для реалізації всіх можливих поєднань рівнів чинників визначається за формулою

$$N=n^k \quad (1)$$

де n – число рівнів; k – число факторів.

Факторами, що враховували у дослідженнях при визначенні оптимальних співвідношень компонентів, котрі входять до складу суміші, приймалися зміст 2-й фракції, води і лігносульфонатів, які змінюються за трьома рівнями -1; 0; +1, тобто при мінімальних, оптимальних і максимальних значеннях.

Результати розрахунків співвідношення основних компонентів у матеріалі набійки наведені у табл. 2 і 3.

На підставі даних табл. 2 і 3, було підготовлено 9 складів суміші для набійки свердловинного заряду і проведено порівняльний аналіз за критерієм «максимальне розширення при твердінні-мінімальний час початку схоплювання суміші» і встановлені раціональні співвідношення компонентів, що входять у склади твердіючих сумішей. Розроблені склади сумішей захищені патентами України [7-9].

Характеристики розроблених складів набійки сумішей наведені у таблиці 4.

Для підтвердження обґрунтованого нами раціонального співвідношення компонентів у сумішах проведені експериментальні дослідження по визначенню їх основних фізико-механічних характеристик відповідно до діючих стандартів і розроблених методик [10-13]. Основні значення фізико-механічних характеристик складів твердіючих сумішей та інших матеріалів набійки наведені у табл. 5.

З метою вивчення впливу газовиділень на міцність структури коміркової суміші у залежності від різних технологічних факторів нами була розроблена спеціальна методика [3].

Відмітна особливість розробленої методики полягає у тому, що для оцінки впливу водотвердого співвідношення «вода-тверді компоненти» (В/Т) на коефіцієнт спучування поверхні коміркових сумішей при оптимізації складів сумішей для набійки під час їх спучування до повного схоплювання розроблений спеціальний стенд, загальний вигляд якого наведено на рис. 1. Стенд складається з поршневого пристрою з циліндричною порожниною для розміщення суміші, що твердіє, індикатору годинникового типу ІЧ-10, комбінованого цифрового приладу ЩЗ-400,

Таблиця 2

Рівні факторів та інтервали варіювання

Фактор	Кодове позначення	Рівні		
		-1	0	+1
Вміст добавок у 2-ї фракції суміші, мас.%	X1	33	40	47
Вміст рідини в суміші, мас.%	X2	16,4	19,2	23,0
Вміст лігносульфатів у рідині, мас.%	X3	7,0	6,5	10,3

Таблиця 3

Значення співвідношень компонентів у суміші (мас. %) при повному факторному експерименті

Номер експерименту	Код	Рівні	Вміст фракцій 0-0,2 мм у суміші, мас. %	Код	Рівні	Вміст фракцій 0-0,2 мм у суміші, мас. %	Код	Рівні	Вміст фракцій 0-0,2 мм у суміші, мас. %
1	X1	-1	33	X2	-1	16,4	X3	+1	10,3
2		+1	47		-1	16,4		-1	7,0
3		-1	33		+1	23,0		-1	7,0
4		+1	47		+1	23,0		+1	10,3
5		-1	33		-1	16,4		-1	7,0
6		+1	47		-1	16,4		+1	10,3
7		-1	33		+1	23,0		+1	10,3
8		+1	47		+1	23,0		-1	7,0
9		–	40		–	19,2		–	6,5

Таблиця 4

Фізико-механічні характеристики нових складів твердіючих сумішей для набійки свердловинних зарядів

Склади сумішей в масових частках, %	Фізико-механічні характеристики сумішей							
	Щільність, ρ, кг/см³	Коеф. внутрішнього тертя, *k*	Коеф. пласт-тично-сті, *β*	Час початку твердіння. суміші, *t*, год.	Міцність. суміші на одноосьовий стиск, σст, МПа	Модуль деформації, *E*, МПа	Розширення суміші, в %	Зчеплення, *C*, МПа
1) Патент України № 81698: Доломітовий пил – 30,2-32,6; Алюмокалієвий галун – 10,1-13,4; Вода – 15,4-23,0; Доменний шлак фракції dфр = 0,4-1,0 мм – решта	2,01-2,02	0,26-0,3	1,1-1,2	0,2-0,3	30-35	1,0-2,0	–	0,1-0,15
2) Патент України № 86150: Алюмокалієвий галун – 13,1-15,4; Вода – 18,4-23,0; Лігносульфонати – 6,5-9,3; Природний ангідрит, що містить 60 % фракції dфр = 2-4 мм, 20 % хвости (мул) фракції dфр.= 0,25-0,3 мм, вологістю 10-12 % і 20 % доломітовий пил – решта	2,06-2,10	0,20-0,3	1,20-1,3	0,3-0,4	20-25	1,35-2,5	10-15	0,5-0,7
3) Патент Украины № 86149: Алюмокалієвий галун – 10,1-13,4; Вода – 15,4 – 23,0; Лігносульфонати – 7,5-10,3; Природний ангідрит, що містить 60 % фракції dфр = 3-5 мм і 40 % хвости (мул) фракції dфр = 0,25-0,5 мм, вологістю 13-15% – решта	2,01-2,02	0,26-0,3	1,25-1,3	0,2-0,5	25-30	1,5-2,5	15-20	0,3-0,5

Таблиця 5

Фізико-механічні властивості матеріалів набійки

Матеріал набійки	Властивості матеріалу набійки					
	Коефі-цієнт внутрішнього тертя, tg α	Щільність $\rho_з$, кг/м³	Коефіцієнт тертя по поверхні шпуру при русі K_m	Коефіцієнт бічного розпору, $K_б$	Параметр β, $\beta = \frac{4K_т K_б}{d}$	Модуль Юнга *E*, ГПа
Пісок	0,55	1550	0,06	0,33	1,72	0,20
Глина	0,37	1900	0,04	0,46	1,62	0,17
Суміш пісок-глина 1:3	0,50	1710	0,05	0,43	2,05	0,40
Суміш для набійки,що твердіє	0,73	2110	0,07	0,39	2,45	10,6

джерела стабілізованої напруги, перетворювача напруги ПА-1, штативу, гвинту для кріплення штатива у корпусі моделі, термопари і екрануючого кабелю. Пріоритет стенду захищений патентом України [14].

Суть методики полягала у наступному. При вивченні ступеня спучування коміркових твердіючих сумішей підготовлений для досліджень склад поміщали у модель циліндричної або кубічної форми з пробуреною по її осі порожниною діаметром, рівним діаметру шпуру або свердловини, в яку встановлювали поршневий пристрій, торцева частина якого знаходилася у контакті з ніжкою індикатора годинникового типу ІЧ-10, закріпленого на штанзі, зафіксованим гвинтом у корпусі моделі. У процесі формування коміркової суміші, що твердіє, кінетику процесу оцінювали за свідченням індикатора з інтервалом у 15 хв, а замер температури суміші здійснювався термопарою.

Наведена ЕРС на голівці термопари передавалася по екранованому кабелю у перетворювач напруги. Перетворений сигнал у вигляді різниці потенціалів надходив на комбінований цифровий прилад. За результатами попередніх вимірів і тарування вимірювальної апаратури складалися тарувальні таблиці.

Показання цифрового приладу зіставлялися з даними тарувальних таблиць, а результати вносилися у журнал експериментальних даних досліджуваного процесу. Зняття показань змін обсягу при спученні суміші здійснювалося з кроком 0,020°С при зміні температури всередині суміші. У момент початку експерименту температура сумішей становила 26-28°С.

Запропонована методика дала можливість отримати дані про швидкість і характер спучування коміркової суміші у процесі газовиділення через поверхню, а також тривалість всього процесу формування макроструктури коміркового матеріалу. Згідно з цією методикою можна контролювати процес структуроутворення коміркового матеріалу на стадії його спучування і визначати оптимальні умови протікання даного процесу. Оптимальні умови спучування потім визначаються максимальним коефіцієнтом спучування при мінімальному газовиділенні з поверхні суміші та відсутності осаду.

З використанням даної методики були проведені дослідження і за результатами експериментальних вимірів побудовані залежності коефіцієнта спучування поверхні у часі для трьох складів, що розрізняються водо-твердим співвідношенням (рис. 2).

Дослідженнями встановлено, що надмірна кількість води у суміші, що перевищує кількість, необхідну для повної гідратації частинок ангідриту, і добавок, що вводяться, знижує його в'язкість, що небажано, оскільки погіршує структуру суміші і веде до її осадження і погіршення фізико-механічних характеристик.

Аналіз наведених кривих дозволив зробити висновок, що для конкретного складу суміші і умов її формування встановлено певне оптимальне значення В/Т, при якому спостерігаються максимальний приріст обсягу маси, що спучується, мінімальне газовиділення через поверхню і відсутність опаду.

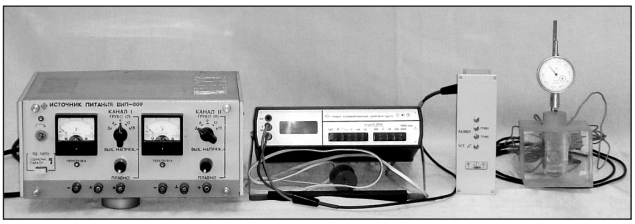


Рис. 1. Стенд для проведення досліджень щодо оптимізації складу коміркової суміші, що твердіє

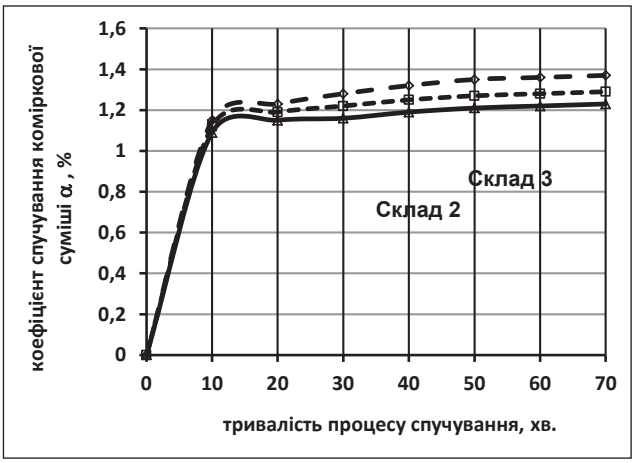
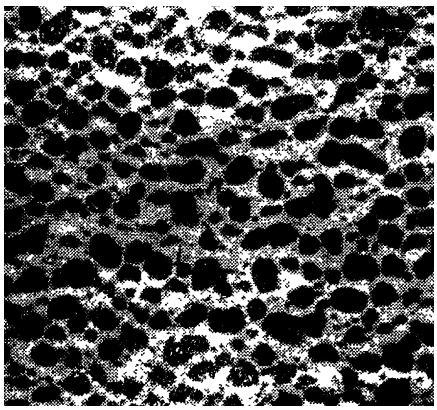
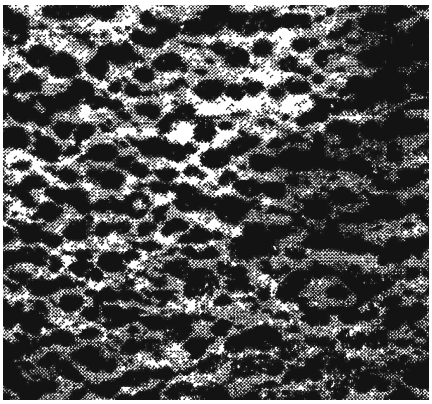


Рис. 2. Залежність коефіцієнта спучування (α) коміркової суміші у часі для твердіючих складів 1, 2 і 3 при В/Т 0,12



а



б

Рис. 3. Структура коміркової суміші, що твердіє, при В/Т = 0,15 (а) і В/Т = 0,12 (б)

За величиною інтервалу оптимального значення В/Т можна судити про технологічність використовуваної суміші. Досліджувані склади сумішей характеризуються дуже вузьким інтервалом оптимального В/Т (0,12-0,17). Отже, можна сказати, що воно не забезпечує формування високоякісної коміркової суміші, оскільки збільшення або зменшення В/Т призводить до швидкої стабілізації процесу спучування, що і викликає руйнування структури матеріалу для твердіючої набійки і зниження його міцності. Однак, при низькому вмісті води у сумішах (В/Т = 0,12) під час спучування не спостерігається інтенсивне газовиділення через поверхню, що сприяє її осіданню, і процес спучування припиняється.

Істотне газовиділення на першому етапі процесу формування коміркової структури можна пояснити тим, що з-за зниженої кількості води у міжпорових стінках, вони недостатньо еластичні і руйнуються від газового тиску у порах, а по капілярах, що утворилися, газ інтенсивно виходить через відкриту поверхню. При цьому швидкість газоутворення всередині суміші значно перевищує швидкість газовиділення через поверхню, що і обумовлює приріст суміші, яка спучується. На другому етапі відбувається різке збільшення швидкості газовиділення, яке призупиняє процес спучування і сприяє його стабілізації. Аналіз цього процесу показав, що на даному етапі швидкість газовиділення через відкриту поверхню значно перевищує швидкість газоутворення. Активізація процесу газовиділення на другому етапі викликає значні руйнування структури коміркового матеріалу, що веде до стабілізації процесу спучування і початку його консолідації.

Аналіз процесу при верхній межі вмісту води у суміші (при В/Т = 0,17) показав, що різке газовиділення через поверхню спостерігається на початку процесу спучування. Незначне газовиділення на першому етапі вказує на те, що дана кількість води у порівнянні з В/Т = 0,12 покращує процес формування коміркової структури суміші.

Це можна пояснити тим, що при великій кількості води суміш має незначну в'язкість і створюються сприятливі умови для спливання газових бульбашок, які, досягнувши поверхні, лопаються. При подальшому протіканні процесу спучування в'язкість підвищується і газовиділення через поверхню знижується.

Нашими дослідженнями встановлено, що оптимальне водо-тверде співвідношення (В/Т), яке забезпечує найкращу якість набійки, що розширюється, дорівнює 0,15. Обсяг газу, що утворився, і виділення його через поверхню при даному В/Т співвідношенні збільшується на 10-15%. Це дозволяє інтенсифікувати у початковий період процес спучування суміші.

Дана кількість води забезпечує поєднання процесів спучування та структуроутворення, що впливають на якість пір у матеріалі набійки, у той час як при В/Т = 0,12 матеріал набійки для свердловинних зарядів ВР виходить зі сплюсненими порами і у результаті відбувається осад сирцю дуже низької міцності (рис. 3).

Аналіз кривих кінетики спучування сумішей (рис. 2) внаслідок газовиділення через відкриту поверхню дозволяє по динаміці газовиділення і обсягу газу, що виділився через відкриту поверхню сумішей, що спучуються, обґрунтувати оптимальну кількість води для їх консолідації.

Обґрунтовані співвідношення компонентів розроблених складів сумішей дають можливість отримати набійку, котра твердіє, для свердловинних і шпурових зарядів ВР з фізико-механічними властивостями, що забезпечують ефективне управління вибуховим руйнуванням міцних гірських порід як при проведенні виробок у глибоких шахтах, так і при відбійки порід на кар'єрах.

Висновки:

• Для підвищення якості набієчного матеріалу шляхом поліпшення його фізико-механічних характеристик виконані дослідження з розробки нових складів пружно-пластичної твердіючої суміші, що розширюється, для набійки шпурових і свердловинних зарядів, основним компонентом яких був обраний природний ангідрит (сульфат кальцію – $CaSO_4$) і доменний шлак.

• Основна особливість цих складів полягає у тому, що у розробці їх використані інгредієнти, які є відходами переробки гірничодобувного комплексу, деревопереробної та металургійної промисловості.

• Обґрунтовано раціональні співвідношення компонентів розробленого нового складу сумішей, що розширюються і твердіють, та встановлені закономірності зміни фізико-механічних характеристик цих співвідношень.

• Використання нових типів набойок, що розширюються, дозволяє не тільки зменшити обсяги накопичених відходів гірничорудного виробництва, що використовуються як інгредієнти для набойок даного типу, але також істотно знизити забруднення атмосфери рудників і кар'єрів шкідливими газами вибуху, що утворюються при детонації ВВ, шляхом більш щільного їх замикання вибуху у зарядній порожнині – вибуховій свердловині або шпурі.

Література

1. Коваленко А.А. Екологічна небезпека породних відвалів ліквідованих вугільних шахт. Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. Дніпропетровськ: ІГТМ. М.С. Полякова, 2013. Вип. 110. С. 116-123.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский В.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 280 с.
3. Ищенко А.К. Выбор и оптимизация состава ячеистой твердеющей смеси для забойки шпуровых и скважинных зарядов. Науковий вісник НГУ. Дніпропетровськ, 2009. № 6. С. 12-16.

4. ГОСТ 10181.2–81. Смеси бетонные. Методы определения плотности. Введен с 01.01.81. М.: Изд-во стандартов, 1981. 25 с.
5. Пиньковский Г.С. Резервы повышения эффективности шахтного строительства. М.: Недра, 1981. 256 с.
6. Сапотницкий С.А. Использование сульфатных щелоков. М.: Лесная промышленность, 1965. 123 с.
7. Пат. № 81698 Україна МКВ 7 С04В 28/02, Е 21 F 15/00 Суміш для закладки виробленого простору / Булат А.Ф., Перепелиця В. Г., Іщенко К.С. та ін.; заявник і власник патенту ІГТМ НАН України. № а 2006 03724; замовл. 05.04.2006; надр. 25.01.2008. Промислова власність. 2008. Бюл. № 2. С. 15.
8. Пат. № 86149 Україна МКВ 7 С04В 28/02, Е 21 F 15/00 Сполука твердіючої суміші для забівки шпурових і свердловинних зарядів / Булат А.Ф., Перепелиця В. Г., Іщенко К.С. та ін.; заявник і власник патенту ІГТМ НАН України. № а 2007 09707; замовл. 28.08.2007; надр. 25.03.2009. Промислова власність. 2009. Бюл. № 6. С. 15.
9. Пат. № 86150 Україна МКВ 7 Е 21 F 15/00, Е 21 D 21/00 Сполука твердіючої суміші для закладки виробленого простору / Булат А.Ф., Перепелиця В. Г., Іщенко К.С. та ін.; заявник і власник патенту ІГТМ НАН України. № а 2007 09708; замовл. 28.08.2007; надр. 25.03.2009. Промислова власність. 2009. Бюл. № 6. С. 15.
10. ГОСТ 21153.0–75. Породы горные. Отбор проб и общие методы физических испытаний. Введен с 01.07.75. М.: Изд-во стандартов, 1976. 20 с.
11. ГОСТ 21153.2–84. Породы горные. Метод определения предела прочности при одноосном сжатии. Введен с 01.07.86. М.: Изд-во стандартов, 1986. 10 с.
12. ГОСТ 21153.7–75. Породы горные. Метод определения скоростей распространения упругих продольных и поперечных волн. Введен с 01.01.75. М.: Изд-во стандартов, 1976. 35 с.
13. Ищенко К.С. Исследование особенностей физико-механических свойств расширяющейся твердеющей смеси (РТС-1) для забойки шпуровых и скважинных зарядов. Днепропетровск, 1992. 44 с. Деп. в ВИНИТИ 29.12.92, № 3695–В92.
14. Пат. № 61094, Україна МКВ 7 G 01 N 33/88. Стенд для дослідження видимання і температури коміркової твердіючої суміші / Іщенко К.С., Іщенко О.К.; заявник і власник патенту ДВНЗ «НГУ». № u2010 14561; замовл. 06.12.2010; надр. 11.07.2011. Промислова власність. 2011. Бюл. № 13. С. 26.

УДК 656.003:502

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПРИМОРСЬКОГО МІСТА

Лямзін А.О., Ніколаєнко І.В.
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»
вул. Університетська, 7, 87500, м. Маріуполь
alyamzin7791@gmail.com
iryna.vnikolaienko@gmail.com

У статті досліджуються наукові підходи до вивчення сутності екологічної складової сталого розвитку приморського міста. Розглянуто зв'язок між роботою транспортної системи та функціонуванням екологічного каркасу міста. Запропоновано показники, які відображають вплив транспортної системи на екологічну стабільність приморського міста. *Ключові слова:* приморське місто, сталий розвиток, екологічний каркас, транспортна система.

Экологические аспекты устойчивого развития приморского города. Лямзин А.А., Николаенко И.В. В статье исследуются научные подходы к изучению сущности экологической составляющей устойчивого развития приморского города. Рассмотрена связь между работой транспортной системы и функционированием экологического каркаса города. Предложены показатели, отражающие влияние транспортной системы на экологическую стабильность приморского города. *Ключевые слова:* приморский город, устойчивое развитие, экологический каркас, транспортная система.

Ecological aspects of coastal city sustainable development. Liamzin A., Nikolaienko I. The scientific approaches to the study of ecological component essence of the coastal city sustainable development are researched in the article. The connection between transport system work and functioning of city ecological network is characterized. The indicators that reflect the transport system impact on coastal city ecological sustainability have been determined. *Key words:* coastal city, sustainable development, ecological network, city transport system.

Постановка проблеми. Низька якість навколишнього середовища у містах, які розташовані на морських узбережжях, викликана значним антропогенним навантаженням із взаємним накладенням ряду факторів:

1. Інтенсифікація будівництва об'єктів міської інфраструктури та промисловості.
2. Розширення мережі транспортних комунікацій у безпосередній близькості до набережних та міських пляжів.
3. Суттєве зростання кількості автомобільного транспорту, у тому числі внаслідок великої кількості сезонних вантажів, що прямують з або до морського порту.
4. Використання застарілих енергоємних технологій на транспорті та у промисловості.
5. Низький рівень переробки побутових та промислових відходів та інше.

Транспортна система приморського міста повинна забезпечувати ефективну організацію перевезень вантажів та пасажирів з урахуванням інтересів місцевих жителів та туристів, потреб місцевої та регіональної промисловості. При цьому різноманітні транспортно-логістичні процеси, які охоплюють життєдіяльність приморського міста, стають об'єктами екологічного менеджменту.

Екологічний менеджмент у міській логістиці доцільно розглядати як сукупність методів та керуючих дій, спрямованих на ефективний розвиток екосистеми міста, що складається із багатьох взаємозв'язаних підсистем та елементів.

Головною метою екологічного менеджменту приморського міста є комплексне вирішення питання екологічної стабільності на різних рівнях ієрархії з урахуванням соціального аспекту взаємодії «місто-людина-природа» за безпосередньою участю міської транспортної системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки екологічна стабільність та сталий розвиток у контексті управління місцевими об'єктами та регіонами набули великого значення. Вимірювання, оцінка та подальше використання результатів, пов'язаних із забезпеченням екологічної стійкості, стали важливими для встановлення цілей та визначення майбутніх напрямків дій об'єктів дослідження [7].

Детальний аналіз основних класифікацій екосистем та їх характеристик, які дозволяють сформулювати основні особливості різноманітних напрямків по забезпеченню екологічної стабільності наведено у роботах [1; 2].

У роботах [5; 6] використовується концепція «просторової згуртованості», щоб описати фізичні характеристики міської екосистеми. Просторова згуртованість включає дві структурні компоненти: пропускну спроможність та доступний зв'язок. Пропускна спроможність транспортної системи міста пов'язана з максимальною кількістю людей та вантажів, потреби у перевезенні яких вона може задовольнити. Цей показник охоплює якість середовища проживання та рівень розвитку вулично-дорожньої мережі, яка може обслуговувати пасажирський та вантажний транспорт у сукупності з усією транспортною інфраструктурою міста [6].

Науковцями запропоновано декілька підходів до організації міської території. При цьому наявні підходи оцінки стану міського середовища не дозоляють врахувати всі наявні проблеми, включаючи особливості території приморського міста. Доцільним представляється використання концепції екологічного каркаса [3; 4]. Цей підхід включає еколого-функціональне зонування, застосування картографічного і порівняльно-географічного методів.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз та розробка комплексного підходу до оцінки екологічної стабільності розвитку приморського міста під впливом роботи міської транспортної системи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Комплексна система моніторингу та забезпечення екологічної безпеки у містах формується шляхом взаємодії п'яти підсистем: селітебних районів, зелених зон, житлово-комунального господарства, промисловості та транспортної системи міста (рис. 1).

Наслідки взаємодії урбанізованого і природного середовищ набувають не тільки місцевого, а й регіонального масштабів. Відбуваються значні зміни у природному середовищі, антропогенні навантаження поширюються на великі географічні території.

Важливу роль в організації ефективного екологічного управління займають міські транспортні системи, діяльність яких повинна бути орієнтована на зниження негативного впливу господарської діяльності та ефективності виконання екологічних функцій.

Місцевий, регіональний та державний рівні екологічного менеджменту спрямовано на запобігання погіршення стану природного середовища та втрати господарської цінності територій. Екологічний менеджмент реалізується шляхом послідовної передачі інформації про рівень та небезпеку природного, техногенного та соціального джерел впливу на навколишнє середовище з подальшим прийняттям антикризових рішень.

За об'єкт дослідження обрано місто Маріуполь. З позиції екологічного менеджменту місто має специфічний розвиток транспортних комунікацій, який визначається характером прибережної лінії та спрямований на збереження всіх елементів природних компонентів.

Оптимальна організація міської території враховується при розробці екологічного каркаса, який відображає режими і умови використання окремих ділянок і селітебних районів згідно з еколого-функціональним зонуванням, природно-антропогенних та антропогенних комплексів, що забезпечують екологічну стійкість розвитку міста та збереження комфортного середовища проживання людини.

Екологічний каркас міської логістики – це інтегрована сукупність її підсистем зі специфічним режимом природокористування для кожного логістичного процесу, що формують просторово-організаційну інфраструктуру міста. При цьому транспортна система повинна підтримувати екологічну стабільність міста та сприяти заходам запобігання втраті біологічного різноманіття та деградації ландшафту. Екологічний каркас промислового міста, що розташоване на узбережжі моря, являє собою

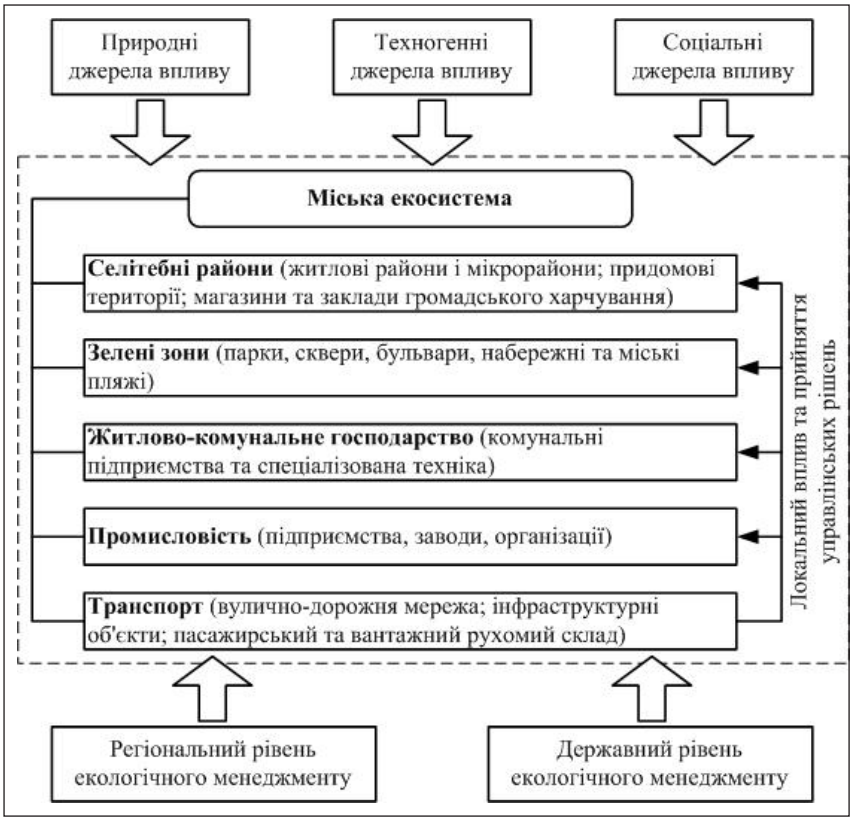


Рис. 1. Концептуальна схема екологічної системи міста

складну інтегровану систему, до складу якої входять природні та штучні об'єкти місцевого та регіонального значення (рис. 2).

Зелені зони – це антропогенні об'єкти міської логістики, що повністю створені людиною для комфортного життя міського населення (парки, бульвари та сквери). Традиційно такі об'єкти розташовані поруч із селітебними районами. На противагу зеленим зонам, прибережні зони є модифікованими (внаслідок господарської діяльності людини) об'єктами навколишнього середовища. Наприклад, значна територія узбережжя у Маріуполі відведена під роботу морських портів, робота яких безпосередньо впливає на якість та умови відпочинку місцевого населення та туристів, а також шкодить навколишньому середовищу.

Міська екосистема, елементами якої є біотичні та абіотичні компоненти, пронизана різноманітними речовинно-енергетичними та інформаційними потоками. Важливими чинниками, що впливають на формування сталого розвитку приморського міста, є:

1. Наявність багатьох рівнів структурного складу екологічного каркаса у ландшафтах, що інтенсивно використовуються.

2. Існування значної кількості товарно-транспортних зв'язків між об'єктами міської промисловості та комунального господарства.

3. Суперечності та цільовий конфлікт розвитку окремих елементів та підсистем міста.

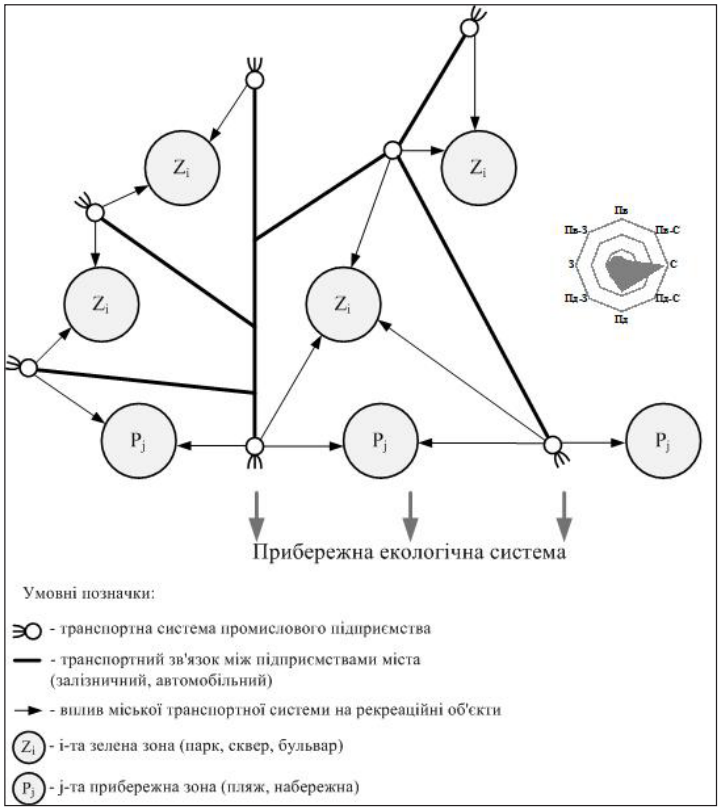


Рис. 2. Екологічний каркас приморського міста (на прикладі м. Маріуполь)

4. Сукупність транспортно-логістичних процесів, межі і завдання, функціонування яких поєднуються внутрішнім і зовнішнім контекстом існування міста.

Процес функціонування транспортної системи в екосистемі міста представлений наступною сукупністю відображень:

$$\{X,R\}\times T \rightarrow \{X,R\}\times T^{\tilde{}\,(k)} => \left\{X^{\square}_{(k)}, R^{\square}_{(k)}\right\}\times T^{\tilde{}}_{(k)}, \quad (1)$$

де X – речовинно-енергетичний або пасажирський потік;

R – транспортні зв'язки між об'єктами міста;

$\{X,R\}$ – безліч ланок у міській транспортній системі;

T – тривалість виконання послуг по перевезенню вантажів та пасажирів;

$\Theta_{(к)}$– інформація, що отримується за результатами моніторингу k-их факторів негативного впливу на навколишнє середовище;

$\{X^{E}_{(k)}, R^{E}_{(k)}\}$ – оцінка екологічної безпеки ланки;

$T^{\Theta}_{(k)}$ – тривалість негативного впливу на навколишнє середовище;

k – кількість видів (типів) факторів негативного впливу на навколишнє середовище;

E – кількісні або якісні показники оцінки стану екосистеми міста.

Кількісна оцінка рівня сталого розвитку приморського міста може бути виконана за допомогою комплексу показників, які також дають змогу оцінити процеси змін у транспортній інфраструктурі міста.

Показник прибережних земель, що виведені із природокористування міста, відображає території, що зайняті транспортним покриттям:

$$F = \sum_{i=1}^{n}(1 - \Delta F/F_3), \quad (2)$$

де F_3 – площа забудови прибережних районів міста на початок періоду оцінювання ситуації, [тис. м²/рік];

ΔF– приріст площі забудови на кінець періоду оцінювання ситуації, [тис. м²/рік].

Використання показника F спрямовано на оцінку частки земель міста, що забезпечують наявну забудову, її експлуатацію та нове будівництво. Будівництво доріг впливає на життєвий простір природи і людей, а якість роботи транспортної системи міста забезпечується своєчасною реакцією на зміну характеристик дорожнього руху вдовж лінії узбережжя.

Показник організованого зберігання транспорту, тобто відношення кількості машино-місць в організованих стоянках (у підземних, висотних, наземних багатоповерхових стоянках та паркінгах) до кількості зареєстрованих транспортних засобів у місті:

$$A = \sum_{i=1}^{n}(1 - \Delta A/A_3), \quad (3)$$

де A_3– кількість транспортних засобів, що зареєстровані у місті на початку прогнозного періоду, [тис. од./рік];

ΔA – приріст кількості транспортних засобів, що забезпечені організованими стоянками на кінець прогнозного періоду, [тис. од./рік].

Показник використання транспорту загального користування:

$$T_п = \sum_{i=1}^{n}(1 - \Delta T_i/T_{oi}), \quad (4)$$

де T_{oi} – пасажирообіг і-го виду транспорту загального користування на початок прогнозного періоду, [млрд. пасажиро-км/рік];

ΔT_i– приріст пасажирообігу і-го виду транспорту загального користування на кінець прогнозного періоду, [млрд. пасажиро-км/рік].

Цей показник відображає рівень покращення характеристик якості життя населення міста при експлуатації транспорту загального користування, що пов'язано зі зниженням використання індивідуального транспорту і відповідно зі зменшенням забруднення лінії узбережжя (стан повітря та ґрунту, рівень шуму, безпека пересування і т.п.).

Показник часу перевищення забруднення атмосфери:

$$N = \sum_{i=1}^{k} \Delta N_i/365, \quad (5)$$

де ΔH_i – кількість днів із концентрацією *i*-го інгредієнту, що перевищує середньодобову гранично допустиму концентрацію (ГДК) в атмосфері приморського району або міста на кінець прогнозного періоду, днів;

365 – кількість днів на рік.

Використання показника *N* направлено на реальну оцінку стану повітряного басейну прибережного міста. Якщо темпи приросту антропогенного навантаження перевищують темпи самовідновлення природних комплексів, це може призвести до повної деградації природної першооснови розвитку.

Показник частки населення, що проживає у зонах підвищеної небезпеки (на територіях із ризиком для здоров'я від забруднення повітря більше ніж 10^{-3} мг/м^3), та внаслідок якого формуються регулярні та сезонні пасажирські транспортні потоки:

$$N = \sum_{i=1}^{k} \Delta N_i/365, \quad (6)$$

де $H_{МІСТ}$– чисельність населення приморського району, міста, [тис. чол.];

ΔH – чисельність населення, що проживає у j-х прибережних зонах із підвищеним рівнем забруднення навколишнього середовища, [тис. чол.].

Цей показник дозволяє оцінити масштаби впливу забруднення повітря на здоров'я населення прибережних районів та приморських міст.

Вищенаведені показники дозволяють всебічно оцінити та характеризувати екологічну безпеку у приморських районах промислових міст. У цілому забезпечення сталого розвитку приморського міста повинно бути пристосовано до вимог навколишнього природного середовища внаслідок кількісного та часового обмеження обсягів втручання роботи транспорту у рекреаційні об'єкти.

Висновки. У роботі запропонована кількісна оцінка рівня сталого розвитку приморського міста за допомогою показників розвитку міста та його транспортної інфраструктури.

Використання еколого-функціонального зонування приморського міста та застосування графоаналітичного методу дозволило сформувати екологічний каркас на прикладі м. Маріуполь.

Подальша реалізація цього підходу може бути використана для середньострокового прогнозування екологічної стабільності міста та формування імітаційної моделі впливу роботи транспортної системи на екологічний каркас міста.

Література

1. Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Задунай О.С. Аналіз характеристик існуючих екосистем. Екологічні науки: науково-практичний журнал. Київ: ДЕА, 2017. № 18–19. С. 77–85.
2. Губенко В.К., Лямзин А.А. Экологический менеджмент логистической системы. Вісник Східноукраїнського ун-ту ім. Володимира Даля. 2011. № 14 (168), Ч. 1. С. 52–57.
3. Нарбут Н.А. Экологический каркас как модель организации городской территории. Материалы международной конференции «Интеркарто/Интергис». 2015. № 1(21). С. 119–123. URL: http://intercarto.msu.ru/jour/article/view/156/156 (дата звернення: 21.03.2018).
4. Панченко Е.М., Дюкарев А.Г. Экологический каркас как природоохранная система региона. Вестник Томского государственного университета. 2010. № 340. С. 216–221.
5. Opdam P., Steingrover, E., Van Rooij, S. Ecological networks: a spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. Landscape Urban Plan. 2006. 75. P. 322–332.
6. Termorshuizen J.W., Opdam P., Van der Brink A. Incorporating ecological sustainability into landscape planning. Landscape and Urban Planning. 2007. № 79. P. 374–384.
7. Saeed M.A., Kersten W. Supply chain sustainability performance indicators - a content analysis based on published standards and guidelines. Logistics Research. 2017. 10: 12. P. 1–19. DOI: 10.23773/2017_12.

УДК 582.681.46+581.162.3

ЦВІТІННЯ ТА ЗАПИЛЕННЯ АЗИМІНИ ТРИЛОПАТЕВОЇ (ASIMINA TRILOBA (L.) DUNAL) В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Красовський В.В.
Хорольський ботанічний сад
вул. Кременчуцька, 1/79, офіс 46, 37800, м. Хорол
horolbotsad@gmail.com

Розглядаються морфологічні особливості будови квітки та результати дослідження фенофази цвітіння азиміни трилопатевої в лісостеповій зоні України. Показано, що у 2016 році набрякання бруньок розпочалося з першої декади, а розкриття бутонів – із третьої декади квітня. Цвітіння проходило із третьої декади квітня по другу декаду травня, до того ж цвітіння кожної квітки тривало від 8 до 16 днів. Виявлено, що зав'язь утворювалась переважно на додатково штучно запилених квітках, вагомою причиною проведення штучного запилення була відсутність або низька активність комах-запилювачів, спричинена хмарною, прохолодною та дощовою погодою. Запропоновано висоту крони дерев азиміни трилопатевої формувати, зокрема, зважаючи на можливий комплекс ручних робіт із додаткового штучного запилення квіток. *Ключові слова:* Лісостеп України, інтродукція, азиміна трилопатева, цвітіння, запилення, додаткове штучне запилення.

Цветение и опыление азимины трехлопастной (asimina triloba (L.) dunal) в лесостепи Украины Красовский В.В. Рассматриваются морфологические особенности строения цветка и результаты исследования фенофазы цветения азимины трехлопастной в лесостепной зоне Украины. Показано, что в 2016 году набухание почек началось с первой декады, а раскрытие бутонов – из третьей декады апреля. Цветение проходило из третьей декады апреля по вторую декаду мая, причем цветение каждого цветка длилось от 8 до 16 дней. Выявлено, что завязь образовывалась преимущественно на дополнительно искусственно опыленных цветах, весомой причиной проведения искусственного опыления было отсутствие или низкая активность насекомых-опылителей, вызванная облачной, прохладной и дождевой погодой. Предложено высоту кроны деревьев азимины трехлопастной формировать, в частности, с учетом возможного комплекса ручных работ по дополнительному искусственному опылению цветов. *Ключевые слова:* Лесостепь Украины, интродукция, азимина трехлопастная, цветение, опыление, дополнительное искусственное опыление.

Blossoming and pollination of asimina triloba (L.) dunal in the forest-steppe zone of Ukraine. Krasovsky V. The accent is on morphological special features of the flower structure and the research results of flowering phase of asimina triloba in the forest-steppe zone of Ukraine. In 2016 year it was observed there was the swelling of buds in the first decade and there was the opening of buds in the third decade of April. The blossoming was lasting from the third decade of April to the second decade of May and the blossoming of every flower was lasting from 8 to 16 days. It was found, the set had been formed mainly on the artificially pollinated flowers, because of absence or non-activity of insects-fertilizers in cool or rained weather. It was offered to form the high of the crown of asimina triloba taking account the complex of manual work to artificial pollination of flowers. *Key words:* the forest-steppe zone of Ukraine, introduction, asimina triloba, blossoming, pollination, additional artificial pollination.

Вступ. Рід азиміна (*Asimina* L.) родини Анонові (*Annonaceae* Adans.) налічує 9 видів, поширених на сході Північної Америки. В Україні інтродукований найбільш зимостійкий вид роду – азиміна трилопатева (*Asimina triloba* (L.) Dunal) – у 1922 році Нікітським ботанічним садом [1]. У лісостеповій зоні України азиміну трилопатеву досліджують у Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка [2] та в новоствореному Хорольському ботанічному саду [3]. Нині поодинокі екземпляри азиміни трилопатевої можна зустріти в аматорських садах Київщини та Дніпропетровщини [4].

Азиміна трилопатева – листопадне дерево, або чагарник висотою 5–10 м, рідко до 15 м, у культурі 4–5 м. Листки за формою довгастояйцеподібні довжиною 12–30 см. Плоди азиміни трилопатевої ароматні, соковиті, солодкі, з великим вмістом пектинових речовин, мають лікувально-профілактичні властивості, заради плодів і здійснюється інтродукція та акліматизація виду в лісостепову зону України, адже рослини можуть переносити без ушкоджень зниження температури до мінус 27–29 градусів морозу [1; 2; 4; 5; 6].

Важливим періодом сезонного розвитку рослин є цвітіння та запилення квіток, бо саме в цей період відбувається комплекс фізіологічних процесів статевого розмноження, а саме чоловіча генеративна сфера продукує пилок, а жіноча його сприймає для проростання, запліднення та утворення зав'язі [7].

Цвітіння та плодоношення азиміни трилопатевої в лісостеповій зоні України є важливим позитивним показником успішності інтродукції, а отримання нормально розвиненого, повноцінного насіння має особливе значення для подальшої інтродукційної роботи, оскільки при цьому створюються можливості відбору більш стійких особин інтродукованих рослин завдяки гібридизації [2; 8; 10].

1. Літературний огляд та постановка проблеми

Азиміна трилопатева – вид дводольних квіткових рослин, а епітет *triloba* в назві рослини стосується будови квітки, яка має трилопатеву чашечку.

З літератури відомо, що азиміна трилопатева є полікарпічною ентомофільною ксеногамною рослиною і для здійснення запилення у процесі природного добору її квітки набули ряду пристосувань. Одним із них є червоно-пурпурове забарвлення пелюсток, що робить квітку здалеку помітною для комах, оскільки на фоні світло-зеленого листя, яке лише починає розпускатись, створюється відповідна контрастність, крім того, квітки на пагонах розміщуються поодиноко і мають великі розміри – діаметр віночка до 5 см [5].

Зокрема, зазначається, що у процесі розвитку виду відбулась і відповідна «спеціалізація» щодо комах-запилювачів, адже квітки азиміни трилопатевої випромінюють не сильний, але неприємний для людини запах, схожий на запах зіпсованого м'яса, проте у природних умовах він імітує середовище та вказує шлях до квіток падальним мухам із родини *Muscidae* і *Sarcophagidae* та жукам-мертвоїдам, які, споживаючи нектар і переміщуючись, здійснюють і перенесення пилку [5].

Також відомо, що квітки азиміни трилопатевої розвиваються з генеративних бруньок, що закладаються в пазухах листків попередніх років. Квітконіжка довжиною 1–3 см опушена коричневими волосками, три лопаті чашечки – яйцеподібні, гострі, зовні блідо-зелені і також опушені. Шість широкояйцеподібних, тупо загострених, із сітчастими жилками пелюсток розташовані у два кола: зовнішнє – відігнуті пелюстки, внутрішнє – прямостоячі. Особливу увагу привертає і той факт, що кожна квітка утримує кілька плодолистиків, чим і пояснюється властивість однієї квітки утворювати кілька плодів [2; 5].

За даними недавніх досліджень науковців Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України у м. Києві, набрякання генеративних бруньок азиміни трилопатевої розпочинається у другій – третій декаді квітня при середньодобовій температурі 12–17 ° С. Цвітіння триває 17–20 днів, одна квітка цвіла близько 4–6 днів. У 2011 році на 10-річному дереві азиміни було 205 квіток. На 10–12 % із них при додатковому штучному запиленні утворилася зав'язь [2].

У м. Хорол Полтавської області *Asimina triloba* (L.) Dunal досліджується із 2007 року, а із 2014 року входить до окремої наукової колекції «Сад субтропічних плодових культур» Хорольського ботанічного саду, основу якої складають також види ака Селловова (Acca sellowiana (O. Berg.) Burret), гранатник зернистий (*Punica granatum* L.), зизифус справжній (*Zizyphus jujuba* Mill.), інжир звичайний (*Ficus carica* L.), мигдаль звичайний (*Amygdalus communis* L.), мушмула звичайна (*Mespilus germanica L.*), хурма віргінська (*Diospyros virginiana* L.), хурма кавказька (*Diospyros lotus* L.), айва звичайна (*Cydonia oblonga* Mill.) [3].

У родині Анонових широко розповсюджена дихогамія [9]. Для азиміни трилопатевої характерна протерогінія, тому в її двостатевих квітках неможливе самозапилення [2; 5]. З погляду інтродукції рослин ксеногамія біологічно вигідніша перш за все через зростання можливості рекомбінації генетичного матеріалу, адже це сприяє збільшенню внутрішньовидового різноманіття та подальшій пристосувальній еволюції [7].

Варто брати до уваги, що в Лісостепу України азиміна трилопатева є новою й малопоширеною плодовою культурою і сьогодні біоекологічні особливості цвітіння та запилення виду в цій зоні вивчені недостатньо, отже, принаймні наразі такі дослідження є актуальними, притому, що недостатність запилення є найпоширенішою причиною низького врожаю або взагалі його відсутності.

2. Мета дослідження

Дослідити фенологічну фазу цвітіння азиміни трилопатевої, а також, беручи до уваги погодні умови, з'ясувати доцільність додаткового штучного запилення квіток.

3. Предмет і методика досліджень

Об'єктом дослідження є сезонний розвиток *Asimina triloba* (L.) Dunal у лісостеповій зоні України, а саме фаза цвітіння квіток.

Предмет дослідження – рослини *Asimina triloba* (L.) Dunal у віці 9-ти років, вирощені з насіння та які зростають у розсаднику Хорольського ботанічного саду, що розташований за межами його території.

Методи дослідження – спеціальні фенологічні спостереження, польовий експеримент, порівняльний аналіз.

4. Результати досліджень та обговорення

Системні дослідження азиміни трилопатевої у м. Хорол Полтавської області розпочаті у 2007 році вирощуванням рослин із насіння, інтродукованого з м. Нова Каховка Херсонської області та м. Запоріжжя. Хоча за насіннєвого розмноження не зберігаються цінні господарські властивості материнських рослин, а в потомстві спостерігається розщеплення за багатьма ознаками, проте нині накопичено масив інформації та науково доведено, що вирощування рослин із насіння та пересів його в кількох генераціях є одним із найдієвіших способів адаптування виду до змінених природно-кліматичних умов [2; 8; 9].

Зі створенням Хорольського ботанічного саду (2009 рік) та початком його функціонування (2011 рік) при формуванні науково-дослідної колекції «Сад субтропічних плодових культур» (2014 рік) частина сіянців (70 шт.) перенесена до ботанічного саду, інша частина (8 шт.) – залишена в розсаднику, що розташований за межами території ботанічного саду, на дорощування та отримання плодів. Окремі сіянці (3 шт.), що не зазнали пересадок, вступили в гене-

ративну фазу розвитку в 7-річному віці, і на їхніх пагонах приросту поточного року щорічно спостерігається закладання генеративних бруньок, які добре помітні після листопада. Вони округлі, до 4 мм в діаметрі й опушені (рис. 1).

У 2016 році набрякання генеративних бруньок розпочалося з 10 квітня (рис. 2), розкриття бутонів – із 16 квітня (рис. 3).

Розкривається кожна окрема квітка залежно від погодних умов протягом 1–2 днів. Після розкриття бутона пелюстки віночка спочатку мають світло-бордове забарвлення (рис. 4), а до завершення цвітіння – темно-бордове (рис. 5).

За нашими спостереженнями цвітіння азиміни трилопатевої завершилось 15 травня. Цвітіння кожної квітки тривало від 8 до 16 днів. Після відпадання оцвітини на квітконіжках запліднених квіток добре помітна утворена зав'язь (рис. 6).

З літературних джерел відомо, що запилення квіток азиміни трилопатевої переважно здійснюють падальні мухи, жуки-мертвоїди. Наприклад, у бездощові дні на окремих квітках ми фіксували присут-

Рис. 1. Азиміна трилопатева, генеративні бруньки, м. Хорол, 2015/11/10

Рис. 2. Азиміна трилопатева, набрякання генеративних бруньок, м. Хорол, 2016/04/12

Рис. 3. Азиміна трилопатева, розкривання бутонів, м. Хорол, 2016/04/20

Рис. 4. Азиміна трилопатева, розкрита квітка, м. Хорол, 2016/04/27

Рис. 5. Азиміна трилопатева, зміна забарвлення квітки, м. Хорол, 2016/05/04

Рис. 6. Азиміна трилопатева, утворена зав'язь (зліва), м. Хорол, 2016/05/13

ність падальних мух (муха зелена, муха сіра, муха синя), а також мурах (мураха руда лісова) та жуків (бронзівка золотиста).

Ідентифікацію комах проводили за визначником комах за редакцією Г.М. Горностаєва [11] та за даними Інтернет-ресурсів.

Через хмарну та хмарну із проясненням погоду (31 день), дощі (25 днів) та прохолоду (7 днів), що супроводжували майже весь період цвітіння азиміни трилопатевої (з 10 квітня по 15 травня 2016 року), участь комах у процесі запилення квіток була малоефективною. Це пояснюється таким експериментом.

На кожному із трьох дерев, що вступили в генеративну фазу, утворилось відповідно 22, 31 та 52 квітки, до того ж на останньому з них 10 позначили як контрольні.

У квітки азиміни трилопатевої квітколоже випукле, а тісно скупчені тичинки андроцею утворюють напівсферу, із середини якої виступають плодолистики. Оскільки квітка має бокалоподібну форму, а у просторі займає звисаюче положення у вигляді дзвону, за розвитком генеративних органів спостерігали з використанням дзеркала, підведеного під квітку, а відображення в дзеркалі збільшували за допомогою лінзи.

Виявлено, що приймочки плодолистиків, готових до прийняття пилкових зерен, були вологими та блискучими протягом 5–7 днів, а в разі дозрівання пилкові зерна змінювали світло-жовте забарвлення на світло-коричневе. У результаті, спостерігаючи за розвитком генеративних органів квіток, здійснювали додаткове штучне запилення контрольних шляхом перенесення художнім пензлем пилкових зерен із квіток інших дерев.

Після завершення фенофази цвітіння з'ясувалося, що на дереві, де було 52 квітки, зав'язь утворилась на 10, причому10 із них були контрольними, тобто додатково штучно запиленими; на інших двох деревах утворилося лише по одній зав'язі. Крім того, додатково штучно запилені квітки утворювали зав'язь із 4–7 плодів, тоді як на природно запилених квітках зав'язь складалась з 1–2 плодів.

Висновки. У лісостеповій зоні України у процесі інтродукції азиміни трилопатевої насіннево розмножені рослини в 7-річному віці ініціюють утворення генеративних бруньок, які у процесі свого розвитку спроможні розвиватись у квітку з фертильним пилком та утворювати зав'язь, що говорить про високий ступінь адаптації виду до змінених природно-кліматичних умов.

У лісостеповій зоні України присутня ентомофауна, здатна запилювати квітки азиміни трилопатевої.

У разі затяжних несприятливих погодних умов у період цвітіння азиміни трилопатевої утворення зав'язі перебуває у прямій залежності від штучного дозапилення квіток.

Висоту крони дерев азиміни трилопатевої необхідно формувати з урахуванням можливого виконання комплексу робіт із додаткового штучного запилення квіток.

Штучним дозапиленням квіток можливо забезпечити рівномірне розташування плодів у широкоокруглій кроні невисокого дерева азиміни трилопатевої.

Література

1. Меженський В.М., Меженська Л.О., Якубенко Б.Є. Нетрадиційні ягідні культури: рекомендації з селекції та розмноження. К.: ЦП «Компринт», 2014. 119 с.: іл.
2. Клименко С.В. Садовая золушка. Азимина во всех ипостасях. Огородник. 2012. № 3. С. 38–40.
3. Красовський В.В. Формування генофонду субтропічних плодових культур у Хорольському ботанічному саду. Генофонд рослин та його використання в сучасній селекції: Міжнар. наук.-практ. конф., присв. пам'яті проф. М.М. Чекаліна (Полтава, 2015 р.). С. 85–86.
4. Грабовецька О.А., Єжов В.М. Біоекологічні особливості азиміни трилопатевої (Asimina triloba (L.) Dunal) в умовах степу України. Садівництво. 2015. Вип. 69. С. 35–42.
5. Казас А.Н., Литвинова Т.В., Мязина Л.Ф. и др. Субтропические плодовые и орехоплодные культуры: научно-справочное издание. Симферополь: ИТ «Ариаль», 2012. 304 с.
6. Грабовецька О.А. Біохімічні та лікарські властивості Asimina triloba (L.) Dunal. Перспективні напрямки наукових досліджень лікарських та технічних культур: Матеріали І Всеукр. наук.-практ. конфер. молодих вчених. Лубни, 2013. С. 20–22.
7. Васильев А.Е., Воронин Н.С., Еленевский А.Г. и др. Ботаника: Морфология и анатомия растений: учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по биол. и хим. спец. 2-е изд., перераб. М.: Просвещение, 1988. 480 с.: ил.
8. Черевченко Т.М., Рахметов Д.Б., Гапоненко М.Б. Збереження та збагачення рослинних ресурсів шляхом інтродукції, селекції та біотехнології: монографія. К.: Фітосоціоцентр, 2012. 432 с.
9. Жизнь растений: в 6 т. / Гл. ред. А.А. Федоров. Т. 5. 1980. 430 с.: 32 ил.
10. Булах П.Є. Теоретичні основи оптимізації інтродукційного процесу: автореф. дис. … д-ра біол. наук: спец. 03.00.05. Київ, 2007. 31 с.
11. Горностаев Г.Н. Насекомые СССР. М.: Мысль, 1970. 372 с.: 28 ил.

УДК 66.074

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОГЛИНАННЯ ДІОКСИДУ СІРКИ АМОНІАКОМ У ГАЗОВІЙ ФАЗІ У ПРИСУТНОСТІ ВОДЯНОЇ ПАРИ

Вольчин І.А., Мезін С.В., Ясинецький А.О.
Інститут вугільних енерготехнологій
Національної академії наук України
вул. Андріївська, 19, 04070, м. Київ
ceti@i.kiev.ua

Представлено можливість використання амоніаку у технологіях напівсухої десульфуризації димових газів з отриманням результатів процесу сіркоочищення комерційного продукту – сульфату амонію, що є мінеральним добривом. Детальна увага приділяється головній особливості використання амонійних сорбентів, а саме десорбції амоніаку з розчину сорбенту у газову фазу. Наведено результати експериментальних досліджень взаємодії газоподібного амоніаку з діоксидом сірки при наявності у газовій фазі водяної пари. Бібл. 18., рис. 5., табл. 2. *Ключові слова:* діоксид сірки, амоніак, напівсухе амонійне сіркоочищення, десульфуризація димових газів.

Исследование поглощения диоксида серы аммиаком в газовой фазе при наличии водяного пара. Вольчин И.А., Мезин С.В., Ясинецкий А.А. Приведена возможность использования аммиака в технологиях полусухой десульфуризации дымовых газов с получением в результате процесса сероочистки коммерческого продукта сульфата аммония, который является минеральным удобрением. Детально рассмотрена главная особенность использования аммиачных сорбентов, а именно десорбция аммиака из раствора в газовую фазу. Приведены результаты экспериментальных исследований взаимодействия газообразного аммиака с диоксидом серы при наличии в газовой фазе водяного пара. Библ. 18., рис. 5., табл. 2. *Ключевые слова:* диоксид серы, аммиак, полусухая аммиачная сероочистка, десульфуризация дымовых газов.

Investigation of the absorption of sulfur dioxide by ammonia in the gas phase in the presence of water vapor. Volchyn Y., Mezin S., Yasynetskyi A. The possibility is shown, of using ammonia in the semi-dry flue gas desulfurization process, with ammonium sulfate being a commercial by-product of the process, which could be further used as a mineral fertilizer. The specific issue of using ammonium sorbents, namely the ammonia desorption from the solution into the gas phase, is considered in detail. Results of experimental studies of the interaction of gaseous ammonia with sulfur dioxide in the presence of water vapor in the gas phase are presented. Bibl. 18., Fig. 5., tab. 2. *Key words:* sulfur dioxide, ammonia, ammonia semi-dry desulphurization, flue gas desulfurization.

Постановка проблеми. При згорянні викопного палива в атмосферне повітря потрапляють відхідні гази, що містять забруднюючі речовини. Серед них можна виділити діоксид сірки SO_2 як основний продукт високотемпературного окислення сірчистих сполук палива. Про токсичність діоксиду сірки свідчать такі факти: при концентрації діоксиду сірки у повітрі 20 мг/м^3 з'являється подразнення слизових оболонок, а концентрація SO_2 400-500 мг/м^3 вже становить небезпеку для життя при годинному впливі [1]. Формування внаслідок викиду діоксиду сірки в атмосферу аномальних кислотних дощів та туманів призводить до умов, що завдають шкоди флорі, пам'ятникам і спорудам, та до підкислення ґрунтів і водойм [1; 2].

Актуальність дослідження. У світовій енергетиці впроваджено багато методів зниження викиду діоксиду сірки в атмосферу [3-7]. Серед них можна виділити технології десульфуризації димових газів (далі – ДДГ), які найбільш часто використовуються для зменшення викидів SO_2.

Виклад основного матеріалу. Серед застосованих технологій ДДГ можна виділити технології, які використовують напівсухі методи сіркоочищення. Така технологічна схема передбачає поглинання діоксиду у краплях чи плівці рідини, що введена у потік гарячих димових газів на першому етапі та подальше реагування з сорбентом [5-7]. Витрата технологічної рідини (води, суспензії чи розчину) визначається температурою димових газів на виході з реакційної зони – вона має бути на 10-25°С вище водяної точки роси. У результаті процесу технологічна рідина повинна повністю випаруватися і утворюється сухий продукт десульфуризації [8].

Серед сорбентів, що використовуються у процесах напівсухої ДДГ, можна виділити кальцієві (вапно CaO, $Ca(OH)_2$ і вапняк $CaCO_3$); натрієві (сода кальцинована Na_2CO_3 та харчова $NaHCO_3$) і амонійні сорбенти (водний розчин амоніаку $NH_3 \times H_2O$ або карбаміду $(NH_2)_2CO \times H_2O$).

Головним недоліком напівсухих технологій, які використовують сорбенти на основі кальцію або натрію, є те, що у процесі ДДГ отримують некомерційний продукт, що переважно йде на відвали чи заповнення шахт (кар'єрів). У таблиці 1 показано галузі, в яких використовується продукт мокрих технологій ДДГ з отриманням гіпсу та напівсухої технології SDA у Європейському Союзі за 2010 рік [9].

Таблиця 1

Використання продукту різних кальцієвих технологій ДДГ [9]

Галузь застосування	Кількість продукту технології ДДГ, що використовується у даній галузі, тис. т	
	Мокра ДДГ (гіпс)	SDA (суміш)
Вироблено (2010 р.)	**10227**	**413**
Уповільнювач твердіння цементу	612	0
Штукатурка	694	0
Гіпсові плити	5171	0
Гіпсові блоки	256	0
Самовирівнювальні суміші	1300	0
Структурна засипка	0	142
Зворотне заповнення (шахти і т.д.)	0	76
Рекультивація	1023	41
Тимчасове зберігання	765	0
Складування у відвал	447	106

Тому постало питання розробки напівсухої технології ДДГ з отриманням на виході комерційного продукту. До таких технологій можна віднести технології ДДГ, що використовують розчин амоніаку або карбаміду. [10-12] Продуктом сіркоочищення у цих технологіях буде сульфат амонію $(NH_4)_2SO_4$, що є мінеральним добривом.

Тому пропонується введення розчину амоніаку у потік відхідних газів, що містять діоксид сірки. Хімічні процеси взаємодії SO_2 з амоніаком у краплях розчину амоніаку можна описати такими реакціями:

$$SO_2 + 2NH_3 + H_2O \leftrightarrow (NH_4)_2\,SO_3$$

$$SO_2 + (NH_4)_2\,SO_3 + H_2O \leftrightarrow 2NH_4HSO_3$$

У присутності кисню сульфіт та гідросульфіт, що утворилися, піддаються окисленню у вологому середовищі, що містить кисень з утворенням сульфату амонію:

$$(NH_4)_2SO_3 + 1/2\,O_2 \leftrightarrow (NH_4)_2SO_4$$

$$2NH_4HSO_3 + 1/2\,O_2 \leftrightarrow (NH_4)_2SO_4 + SO_2 + H_2O$$

До недоліків розчину амоніаку як сорбенту можна віднести його токсичність, що ускладнює транспортування, зберігання та використання. Альтернативою може бути використання карбаміду $(NH_2)_2CO$. Карбамід має меншу реакційну здатність, але у сухому виді він не виділяє амоніак і має високу розчинність [12; 13].

Для дослідження процесу поглинання діоксиду сірки розчинами амоніаку було проведено серію експериментів на установці мокрого очищення (рис. 1). Детальний опис установки та принцип її роботи описані у роботах [13; 14].

Результатом даної серії експериментів було отримання кривих поглинання діоксиду сірки розчином амоніаку без домішок та з домішками до модельного газу кисню та вуглекислого газу. Ці експерименті були проведені при двох значеннях температури у реакційній зоні – 20 та 55°С для експериментів з розчином амоніаку та 20 та 85°С для експериментів з розчином карбаміду. Детальні результати експериментів описані у роботах [13; 15]. Було виявлено, що відбувається десорбція амоніаку з розчину у газову фазу. Це видно з рис. 2, де відображено зміну концентрації діоксиду сірки на виході реактора-барботера для експериментів без домішок до модельного газу при температурі 20 та 55°С.

З цих графіків можна побачити, що при температурі 55°С поглинається менше діоксиду сірки ніж за такий же період часу при 20°С. Дана закономірність спостерігалася у всіх проведених експериментах з розчином амоніаку, тому стало питання визначити кількість втрат амоніаку при 20 та 55°С. Для цього були проведені експерименти з підключенням після реактора-барботера додаткового барботера

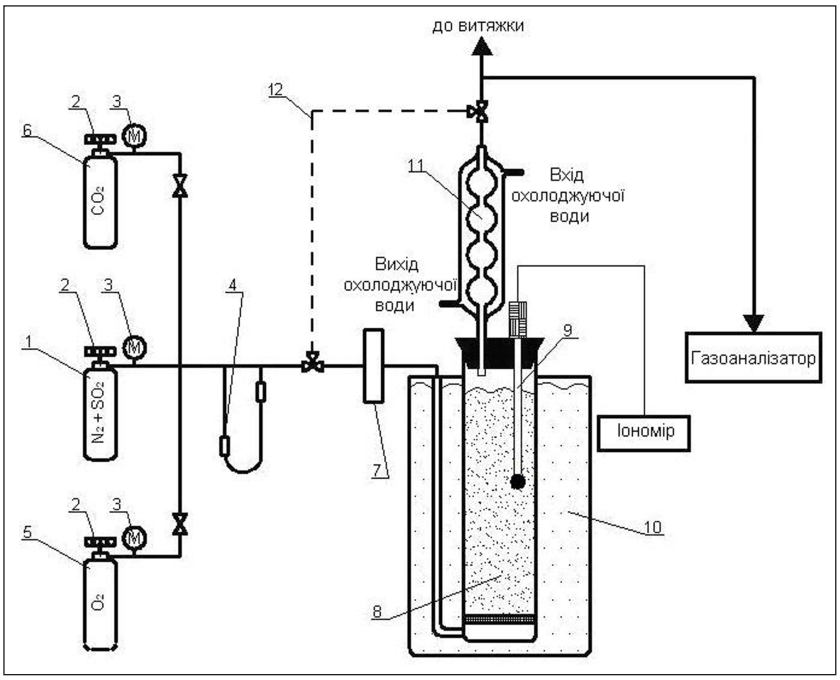


Рис. 1. Схема експериментальної установки мокрого газоочищення: 1 – балон із сумішшю азоту і діоксиду сірки, 2 – газовий редуктор, 3 – манометр, 4 – реометр, 5 – балон з киснем, 6 – балон з вуглекислим газом; 7 – підігрівник газу, 8 – реактор-барботер, 9 – електрод іономіра, 10 – термостат барботера, 11 – холодильник газу; 12 – бай пас

заповненого 120 мл дистильованої води, де відбувалося поглинання амоніаку, що перейшов із розчину у газову фазу у першому реакторі-барботері. Для кількісної оцінки десорбції амоніаку проводились вимірювання у часі показника pNH_4^+ у додатковому барботері, за допомогою іономіра И-160МИ та селективного електроду. Експерименти проводились до початку підвищення концентрації діоксиду сірки на виході з додаткового барботеру, тобто повного закислення розчину у реакторі-барботері та дистильованої води у додатковому барботері.

Результати експериментів з підключеним після реактора-барботера додаткового барботера дистильованої води показано на рис. 3, де відображені криві концентрації іону амонію у додатковому барботері від початку експерименту до повного закислення рідкої фази у реакторі-барботері та додатковому барботері при температурі 20°С та 55°С.

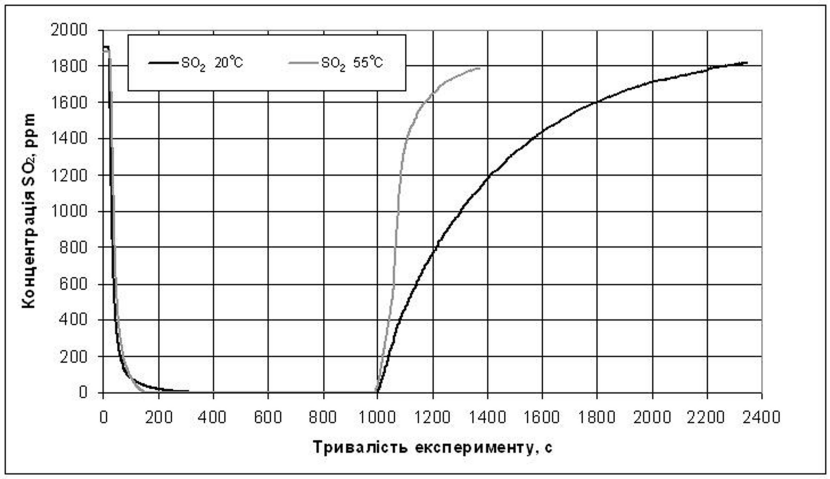


Рис. 2. Зміна у часі концентрації діоксиду сірки на виході реактора-барботера при температурі 20 та 55°С

Дані графіки можна умовно розділити на три частини: поглинання десорбованого амоніаку (тривалість 0–780 с), що супроводжується плавним зростанням концентрації іона NH_4^+; реакція між абсорбованим амоніаком та діоксидом сірки, де реєструється різке збільшення концентрації іону NH_4^+ внаслідок утворення сульфіту та гідросульфіту амонію та повне закислення розчину, що супроводжується зниженням показника концентрації іона NH_4^+. Перша частина цих графіків з 0 до 780 секунди дає можливість побачити, що при збільшенні температури у реакторі-барботері суттєво збільшується концентрація іонів амонію у додатковому барботері. На часовому проміжку 0-780 с середнє відношення концентрацій іона NH_4^+ при 55°С і при 20°С становить 4,89. Розрахункове значення відношення константи розчинення Генрі для амоніаку у воді при 20°С до цієї ж константи при 55°С становить 4,44, що підтверджує отримані експериментальні дані [16].

Десорбція амоніаку з розчину у потік відхідних газів є суттєвою особливістю технологій ДДГ, що використовують розчини амонійних сорбентів. При потраплянні амоніаку у потік відхідних газів, що містять діоксид сірки, мали місце реакції між ними з утворенням адуктів [17].

У процесі поглинання діоксиду сірки амоніаком проходять реакції кристалізації з утворенням відповідно адуктів амідо-сірчистої кислоти та амідо-сульфіту амонію [17]:

$$NH_{3(г)} + SO_{2(г)} \leftrightarrow NH_3 \cdot SO_{2(тв)}$$

Таблиця 2

Вхідні параметри та результати експериментального дослідження поглинання діоксиду сірки амоніаком у вологих умовах

Параметр	Од. вим.	Режим 1			Режим 2		
Витрата азоту (N_2)	л/хв.	2					
Витрата суміші N_2+SO_2	л/хв.	2,5	1,5	1	2,5	1,5	1
Концентрація SO_2 в балоні	ppm	1978			1978		
Витрата суміші N_2+NH_3	л/хв.	1			1		
Концентрація NH_3 в балоні	ppm	4419			4419		
Вхідна концентрація SO_2	ppm	899	659	494	899	659	494
Вхідна концентрація NH_3	ppm	803	982	1104	803	982	1104
Відношення NH_3/SO_2	моль/моль	0,89	1,49	2,23	0,89	1,49	2,23
Температура у реакційній зоні	°С	120…130					
Вхідна концентрація H_2O	ppm	165	202	227	863	1054	1186
Відношення H_2O/NH_3	моль/моль	0,21			1,08		
Середнє значення концентрації SO_2 після реактора	ppm	831	607	442	347	113	32
Ефективність зв'язування SO_2	%	7,5	7,9	10,6	61,4	82,8	93,4

$$NH_3 \cdot SO_{2(г)} + NH_{3(г)} \leftrightarrow (NH_3)_2 \cdot SO_{2(тв)},$$

які в присутності кисню та водяної пари утворюють сульфат амонію [17, 18]:

$$(NH_3)_2 \cdot SO_{2(тв)} + 1/2\,O_{2(г)} \leftrightarrow NH_4SO_3NH_{2(тв)}$$
$$NH_4SO_3NH_{2(тв)} + H_2O_{(г)} \leftrightarrow (NH_4)_2SO_{4(тв)}$$

Залежність кількості молей твердого сульфату амонію від концентрації водяної пари *(H_2O)* свідчить про те, що водяна пара має каталітичний ефект на утворення адуктів амідо-сірчистої кислоти та амідо-сульфіту амонію [18].

У зв'язку з отриманням на виході значної концентрації газоподібного амоніаку постала задача дослідити взаємодію діоксиду сірки та газоподібного амоніаку у газовій фазі у присутності водяної пари. Для цього було проведені серії експериментальних досліджень, під час яких досліджувався процес поглинання діоксиду сірки у газовому середовищі, що містить амоніаку та водяну пару.

Для реалізації даного дослідження була створена експериментальна установка, схема якої відображена на рис 4. Основою установки є реактор 9, що являє собою скляний стакан з обмоткою ніхромовим дротом 10 для його підігріву та теплоізоляцією.

Модельні гази (азот з діоксидом сірки N_2+SO_2 та азот з амоніаком N_2+NH_3, а також технічний азот N_2) з балонів 1 через редуктори 2 та крани 3 подаються на реометри 4, де вимірюється витрата кожного газу. Після визначення витрат гази подаються до підігрівника газу 5, в якому підігріваються розділені потоки газів. Далі модельні гази N_2+SO_2 *та* N_2+NH_3 направляються до реактора. Азот проходить через камеру зволоження 6, де до нього додається водяна пара. Камера зволоження оснащена нагрівником 7, що регулюється джерелом живлення постійного струму (ДЖПС) для інтенсифікації процесу та зменшення падіння температури газу. Вологість потоку азоту контролюється вологоміром 8. У реакторі проходить процес поглинання діоксиду сірки амоніаком у вологих умовах. Температура у реакторі контролюється термопарою 11 та регулюється зміною напруги на лабораторному автотрансформаторі (ЛАТР) за показанням вольтметра 12.

Експерименти були проведені у двох режимах:

Режим 1 – вміст водяної пари у газовій суміші визначається вологою, що міститься у балоні з технічним азотом;

Режим 2 – вміст водяної пари у газовій суміші витратою води, що подається у камеру зволоження.

Дані режими дали можливість визначити вплив водяної пари на процес поглинання діоксиду сірки газоподібним амоніаком. У кожному режимі були проведені 3 досліди, що відрізняються мольним відношенням NH_3/SO_2, а саме 0,89, 1,49 і 2,23. Вхідні параметри проведених експериментів та їх результати відображені у таблиці 2.

За результатами експериментів були побудовані залежності ефективності зв'язування діоксиду сірки від мольного відношення NH_3/SO_2 (рис. 5). Дана

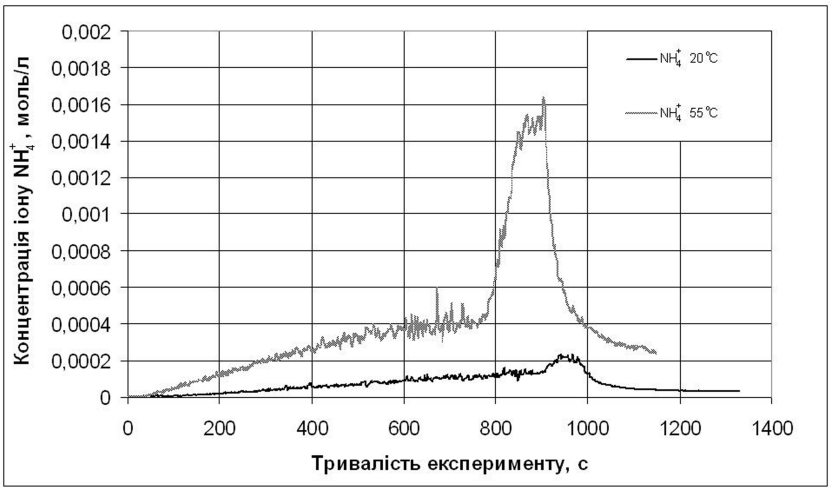


Рис. 3. Зміна концентрації іону амонію NH4+ у додатковому барботері

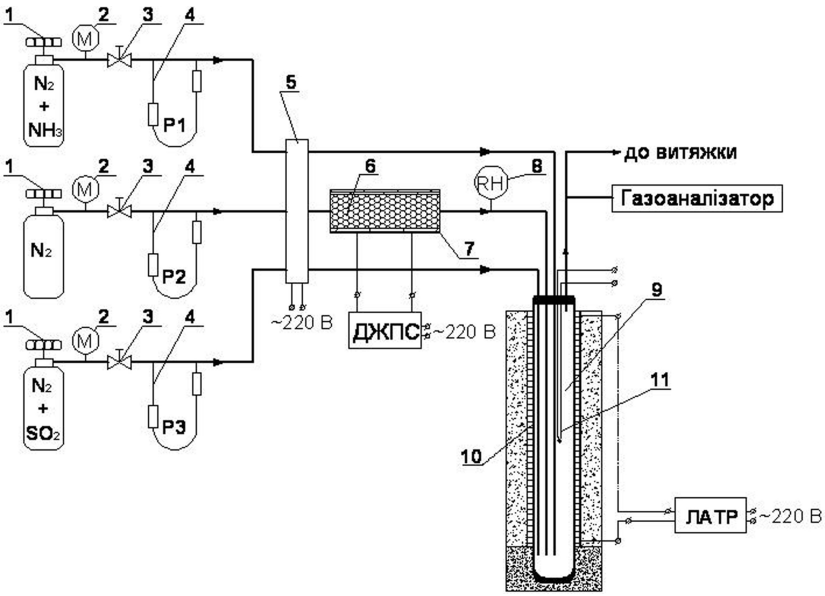


Рис. 4. Схема експериментальної установки очищення в газовому середовищі
1 – балони з азотом та сумішами; 2 – редуктори; 3 – клапани регулювання; 4 – реометри; 5 – підігрівник газу; 6 – випарник; 7 – нагрівник випарника; 8 – вологомір; 9 – реактор; 10 – нагрівник реактора; 11 – термопара

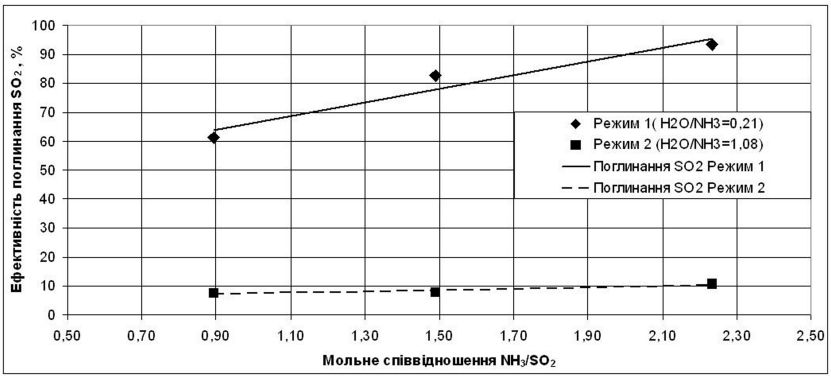


Рис. 5. Залежність ефективності зв'язування діоксиду сірки від мольного відношення NH_3/SO_2

залежність дала можливість побачити, що зміна вмісту водяної пари (збільшення відношення H_2O/NH_3 з 0,21 до 1,08) суттєво впливає на процес зв'язування діоксиду сірки газоподібним амоніаком. Також було виявлено що збільшення мольного відношення при присутності малої кількості водяної пари майже на впливає на ефективність поглинання діоксиду сірки, що підкреслює визначальну роль наявності водяної пари у газовій суміші для процесу поглинання діоксиду сірки газоподібним амоніаком.

Висновки:

1. Розчин амоніаку є ефективним реагентом для поглинання діоксиду сірки у процесах напівсухої десульфуризації димових газів з отриманням на виході порошку сульфату амонію, що є мінеральним добривом.

2. Використання розчину амоніаку у процесах напівсухого очищення характеризується десорбцією частини амоніаку з розчину у газову фазу;

3. Газоподібний амоніак у присутності водяної пари у потоці димових газів ефективно реагує з діоксидом сірки. Експериментальні дослідження взаємодії амоніаку з діоксидом сірки у діапазоні температур 120…130°C показали, що при підвищенні мольного відношення H_2O/NH_3 з 0,21 до 1,08, ступінь газофазного поглинання сірчистого ангідриду зростає з 7,9 до 82,8%, при мольному відношенні NH_3/SO_2 – 1,49.

Література

1. Покровский В.А. Гигиена. Москва, 1979. 496 с.
2. Заиков Г.Е., Маслов С.А., Рубайло В.Л. Кислотные дожди и окружающая среда. Москва, 1991. 141 с.
3. Zevenhoven R., Kilpinen P. Control of pollutants in flue gases and fuel gases, Espoo/Turku: Helsinki University of Technology, Nordic Energy Research Programme, Solid Fuel Committee, 2004.
4. Integrated pollution prevention and control (IPPC), Reference document on best available techniques for large combustion plants, Institute for Prospective Technological Studies (Seville), 2006.
5. Srivastava R.K., Jozewicz W. Flue gas desulfurization: the state of the art, Journal of the Air & Waste Management Association, 2001. December 1.
6. Абрамов А.И., Елизаров Д.П., Ремезов А.Н. и др. Повышение экологической безопасности ТЭС. Москва, 2001. 378 с.
7. Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Гапонич Л.С., Топал О.І., Чернявський М.В., Засядько Я.І. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України. Київ, 2012. 308 с.
8. Вольчин И.А., Ясинецкий А.А. Технологии сухой и полусухой сероочистки дымовых газов угольных ТЭС. Енергетика та електрифікація. 2012. № 5. С. 46–51.
9. Production and utilization of CCPs in 2010 in Europe. URL:http://www.ecoba.org/ecobaccpprod.html. (дата звернення 01.02.2018)
10. Майстренко О.Ю., Корчевой Ю.П., Топал О.І., Чернявський М.В., Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Дудник О.М. Сучасні розробки інституту вугільних енерготехнологій Національної академії наук України. Київ, 2014. 224 с.
11. Вольчин И.А. Применение аммиака в технологии полусухой десульфуризации. Инновации и инвестиции. 2014, № 6. С. 119–123.
12. Вольчин І.А. Про використання карбаміду в схемах напівсухого сіркоочищення. Енергетика та електрифікація. 2011. № 9. С. 3–12.
13. Вольчин И.А., Мезин С.В., Руденко Л.Н., Ясинецкий А.А. Исследование поглощения диоксида серы в растворе карбамида. Энергетик. 2015. № 6. С. 22–24
14. Volchyn I., Karatsuba A., Rudenko L. Features of use of limestone and lime in wet desulphurisation technology. Research Journal of Engineering Sciences. 2014. Vol. 3. Iss. 8. P. 1–6.
15. Вольчин И.А., Мезин С.В., Ясинецкий А.А. Экспериментальные исследования связывания диоксида серы раствором аммиака. Збірка наукових праць 12-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Вугільна теплоенергетика: шляхи реконструкції та розвитку». 2016. С. 126–128.
16. Rolf Sander. Compilation of Henry's Law constants for inorganic and organic species of potential importance in environmental chemistry: URL: http://www.mpch-mainz.mpg.de/~sander/res/henry.html. (дата звернення 01.02.2017)
17. Vance J.L., Vance J.L., Peters L.K. Aerosol formation resulting from the reaction of ammonia and sulfur dioxide The Journal of Industrial & Engineering Chemistry. 1976. Vol. 15. Iss. 3. P. 202–214.
18. Hartley E.M., Matteson M.J. Sulfur dioxide reactions with ammonia in humid air. The Journal of Industrial & Engineering Chemistry. 1975. Vol. 14. Iss. 1. P. 67–78.

УДК 504.75.05

ЕКОЛОГІЧНИЙ СЛІД ЯК ІНДИКАТОР ПРИРОДНОГО КАПІТАЛУ ЕКОСИСТЕМ

Барабаш О.В., Вознюк Я.Ю.
Національний транспортний університет
вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, м. Київ
el_barabash@ukr.net
yarik-voznyuk@ukr.net

У статті досліджено загальний екологічний слід на душу населення Дніпропетровської області. На підставі інформаційно-аналітичних матеріалів балансу ресурсів і використання найважливіших видів продукції обчислено значення шести елементів екологічного сліду області. За допомогою отриманих даних визначено екологічний дефіцит області. *Ключові слова:* екосистема, біологічна ємність, екологічний слід, середньосвітова продуктивність, внутрішнє споживання.

Экологический след как индикатор природного капитала экосистем. Барабаш Е.В., Вознюк Я.Ю. В статье исследован общий экологический след на душу населения Днепропетровской области. На основании информационно-аналитических материалов баланса ресурсов и использования важнейших видов продукции вычислено значение шести элементов экологического следа области. С помощью полученных данных определён экологический дефицит области. *Ключевые слова:* экосистема, биологическая ёмкость, экологический след, среднемировая производительность, внутреннее потребление.

Ecological footprint as an ecosystem natural capital indicator. Barabash O., Vozniuk Ya. For many years, humanity's demand for natural resources – the environmental footprint – exceeded the Earth's ability to recover or its biological capacity. Ukraine is among the few countries where a large amount of biological capacity allows not only to satisfy the demand of the country's population, but also to provide trade partners with it. If our country succeeds in maintaining this advantage, the economic situation in the face of a global shortage of resources and ecosystem services will be quite profitable for us. Nevertheless, even a sufficient amount of biological capacity in Ukraine can be threatened. Therefore, the account of the ecological footprint is an issue of relevance and requires not only a typical calculation of each element, but also the application of a real actions complex based on the results of calculations. In spite of the large number of studies on the environmental footprint record, they are related mainly to the criteria of human needs in the ecosystems of the planet, to a lesser extent – a certain city, but very rarely one can find the study of the ecological footprint for a particular region. Therefore, the definition of the ecological footprint for the consumption of the Dnipropetrovsk region is the goal of our study. To do this, the values of six elements of the ecological footprint: vegetable cultivation (Cl), pasture (Gl), fishery (Fg), forestry (F), energy (E) and infrastructure footprint (I) was calculated based on the information and analytical materials of the resources balance and the use of the most important types of products of industrial and technical purpose and consumer goods of the studied area. It was established that the overall ecological footprint per capita for the Dnipropetrovsk region is 4.446 ha/person, while food consumption is a significant driver of the ecological deficit in the region, where the demand for renewable resources and ecosystem services exceeds the ability of these ecosystems to provide them. Regarding the ecological deficit of energy resources, it is clear that Dnipropetrovsk region relies on the capacity of other regions or foreign countries to meet the demand of the population for energy. *Key words:* ecosystem, biological capacity, ecological footprint, average world productivity, internal consumption.

Постановка завдання. Економіка України і засоби існування, рівень життя і добробут обумовлені такими екологічними факторами, як здорова їжа, чиста вода, стабільний клімат і чисте повітря. Протягом багатьох років попит людства на природні ресурси – екологічний слід – перевищував здатність Землі до відновлення її біологічної ємності. Біологічна ємність – здатність екосистем відтворювати природний капітал – зростає в ціні, якщо перебуває під збільшеним антропогенним тиском. Багато країн уже відчувають дефіцит біологічної ємності. Щоб його поповнити, вони вдаються до імпорту, надмірно використовують власні ресурси або виснажують загальні ресурси Землі.

У міру того, як нестача ресурсів буде ставати більш відчутною, процвітання держави буде залежати від доступності екосистемних послуг. Україна є в числі небагатьох країн, у яких є переваги в біоємності. Великий обсяг біоємності дає змогу не лише задовольнити попит населення країни, але й забезпечити торгових партнерів. Якщо нашій державі вдасться зберегти цю перевагу, економічне положення в умовах глобального дефіциту ресурсів та екосистемних послуг стане досить вигідним. А втім, навіть достатньому запасу біоємності України може загрожувати небезпека. Експорт такого ресурсу, як лісоматеріали (заготівля яких відбувається як легально, так і нелегально), ставить під удар як біорізноманіття екосистем, так і їхню біоємність. Наша країна зараз стоїть перед вибором: вона може продовжити знищувати свої природні багатства (праліси, квазіпраліси та інше) заради негайної вигоди або вибрати інший шлях – розпоряджатися своїми активами, почати ретельно аналізувати потреби у відновлювальних ресурсах і проводити суворий облік їхніх запасів, зберігаючи природний капітал на довгі роки. Тому облік екологічного сліду є питанням надзвичайно актуальним і потребує не лише типового розрахунку

кожного елемента, але й застосування комплексу реальних дій за результатами обчислень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями дефіциту біоємності займаються вчені різних країн, зокрема, багато досліджень екологічного сліду проводиться для країн Середземноморського регіону [3; 5; 7; 10]. Методологією оцінки екологічної ефективності, яка базується на модифікованій версії обліку екологічного сліду, займалися Blasi E. та інші дослідники [4; 8]. Методологія кількісної оцінки, її точність, характеристики спостережуваних потоків, забезпечення продовольчої безпеки, корисність екологічного сліду для суспільства загалом досліджено у праці Kitzes J. [9]. Визначенням у межах методології екологічного сліду компонента вуглецевого сліду займався ряд науковців, зокрема Mancini M., Galli A., Niccolucci V., Lin D., Bastianoni S., Wackernagel M., Marchettini N. [11].

Незважаючи на велику кількість досліджень з обліку екологічного сліду, всі вони здебільшого стосуються критеріїв потреб людини в екосистемах планети, меншою мірою – певного міста, але досить рідко можна зустріти вивчення екологічного сліду певного регіону. Тому визначення екологічного сліду споживання як індикатора сталого розвитку Дніпропетровської області є метою дослідження.

Матеріал і методика досліджень. Методика розрахунку екологічного сліду розроблена міжнародною організацією Global Footprint Network [6]. Стандартний екологічний слід кожного елемента визначається за формулою:

$$E_{ki} = C_i/Y_i \times f \times E_f, \quad (1)$$

де E_{ki} – екологічний слід кожного елемента, C_i – річне споживання елемента, Y_i – продуктивність землі або вихід кожного її елемента за призначенням, наприклад, пасовище, сінокіс та інше, f – фактор врожайності (Yield Factor), E_f – еквівалентний фактор (Equivalent Factor).

Загальний екологічний слід (EC) визначається як сума екологічних слідів усіх обчислених елементів певної популяції:

$$EC = \sum_{i=1}^{n} E_{ki}\ , \quad (2)$$

Для визначення екологічного сліду необхідно розрахувати значення шести його елементів: рослинницького *(Cl),* пасовищного *(Gl),* рибогосподарського *(Fg)*, лісогосподарського *(F)*, енергетичного *(E)* та сліду інфраструктури *(I)*. Для кожного із цих критеріїв характерний єдиний принцип розрахунку: обсяги внутрішнього споживання переводять в еквівалентну площу із середньосвітовою продуктивністю, виражену в глобальних гектарах (гга), і ця площа ділиться на кількість населення вибраної території [1]. Потім шість показників додаються і визначається «екологічний слід» у розрахунку на душу населення, який є більш наочним показником, оскільки враховує кількість населення, яке безпосередньо здійснює внутрішнє споживання.

Обсяг внутрішнього споживання *(DC)* обчислюється за формулою:

$$DC = DP + SI + Im - Ex - S_2, \quad (3)$$

де *DP* – виробництво всередині країни, *SI* – запаси на початок року, *Im* – імпорт, *Ex* – експорт, S_2 – запаси на кінець року.

Результати досліджень та їх обговорення. Рослинницький слід *(Cl)* визначає, яка площа території із середньосвітовою продуктивністю необхідна для задоволення внутрішнього споживання продуктів рослинництва. Загальна формула рослинницького сліду має вигляд:

$$Cl = \sum_{i=1}^{n} C_i^d/P_i^w, \quad (4)$$

де n – число статей внутрішнього споживання продуктів рослинництва, C_i^d – обсяг внутрішнього споживання *i*-го продукту рослинництва, P_i^w – середньосвітова продуктивність *i*-го продукту рослинництва.

Рослинницький слід на душу населення:

$$\overline{Cl} = Cl/N_b, \quad (5)$$

де N_b – чисельність населення.

До складу рослинницького сліду входить площа, необхідна для виробництва всієї споживаної сільськогосподарської продукції рослинництва, включно із злаками, плодами, овочами, коренеплодами, горіхами, чаєм, кавою, цукром, маргарином, маслом, тютюном, а також кормами, необхідними для вирощування свійської птиці та свиней, які надалі перетворюються у м'ясо і споживаються людиною.

На основі інформаційно-аналітичних матеріалів балансу ресурсів і використання найважливіших видів продукції виробничо-технічного призначення і споживчих товарів у Дніпропетровській області визначено рослинницький слід (табл. 1).

Пасовищний слід *(Gl)* відображає кількість гектарів пасовищ із середньосвітовою продуктивністю, необхідних для задоволення внутрішнього споживання продуктів тваринництва. Загальна формула для визначення пасовищного сліду має вигляд:

$$Gl = \sum_{i=1}^{n} G_i^d/P_i^w, \quad (6)$$

де n – число статей внутрішнього споживання продуктів тваринництва, C_i^d – обсяг внутрішнього споживання і-го продукту тваринництва, P_i^w – середньосвітова продуктивність і-го продукту тваринництва.

Пасовищний слід на душу населення:

$$\overline{Gl} = Gl/N_b, \quad (7)$$

де N_b – чисельність населення.

Розрахунок пасовищного сліду Дніпропетровської області наведено в табл. 2.

Пасовищний, або тваринницький, слід – площа, необхідна для випасу й утримання сільськогосподарських тварин, продукція яких надалі споживається людиною, тобто мається на увазі м'ясна і молочна продукція великої рогатої худоби, овець і кіз [2, с. 86].

Таблиця 1

Рослинницький слід Дніпропетровської області

№	Основні продукти рослинництва	Внутрішнє споживання, кг	Середньосвітова продуктивність, кг/гга	Загальнообласний рослинний слід, гга
1	Пшениця	835 125 840	3211,45	260 046,35
2	Ячмінь	365 143 670	2964,94	123 153,81
3	Кукурудза	744 975 360	5421,68	137 406,68
4	Жито	48 450 060	2821,06	17 174,42
5	Рис	8 250 150	4418,48	1 867,48
6	Гречка	13 500 470	971,74	13 893,09
7	Овес	34 125 390	2438,59	13 993,90
8	Картопля	406 282 160	19386,73	20 956,71
9	Овочі	477 068 760	15330,81	31 118,81
10	Фрукти	174 497 200	7886,45	22 126,20
11	Цукор	137 951 560	49735,51	2 773,70
12	Рослинна олія	56 629 280	1379,40	41 053,56
13	Чай	1 810 820	1443,86	1 254,15
14	Кава та кавові продукти	3 950 880	825,44	4 786,39
15	Тютюн	7 078 660	1797,18	3 938,76
Загальний рослинницький слід: $Cl = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i^d}{P_i^w}$ = 693 676,76.				
Рослинницький слід на душу населення: $\overline{Cl} = \frac{Cl}{N_b}$ = 0,21 гга/люд.				

Отож рослинницький слід населення Дніпропетровської області визначено на основі даних споживчого кошика, у який входить 15 продуктів, і загальний обсяг яких становить 693 676,76 гга, а на душу населення – 0,211 гга/люд.

Таблиця 2

Пасовищний слід Дніпропетровської області

№	Основні продукти тваринництва	Внутрішнє споживання, кг	Середньосвітова продуктивність, кг/гга	Загальнообласний пасовищний слід, гга
1	Свинина	74 566 270	858,0	86 907,08
2	Телятина	29 434 060	1100,0	26 758,23
3	М’ясо птиці	90 264 440	508,2	177 615,98
4	Інші види м’яса	48 450 060	821,7	5 896,32
5	Молоко	924 505 920	24107,6	38 349,15
6	Яйця, шт.	908 373 160	262,57	3 459 546,64
Загальний пасовищний слід: $Cl = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i^d}{P_i^w}$ =3795073,4.				
Пасовищний слід на душу населення: $\overline{Cl} = \frac{Cl}{N_b}$ =1,15 гга/люд.				

Таблиця 3

Рибогосподарський слід Дніпропетровської області

№	Продукти рибогосподарства	Внутрішнє споживання, кг	Середньосвітова продуктивність, кг/гга	Загальнообласний рибогосподарський слід, гга
1	Риба і морепродукти	58 933 690	83,77	703 521,07
Загальний рибогосподарський слід: $Fg = \sum_{i=1}^{n} \frac{F_i^d}{P_i^w}$ = 703 521,07.				
Рибогосподарський слід на душу населення: $\overline{Fg} = \frac{Fg}{N_i}$ = 0,21 гга/люд.				

Таблиця 4

Лісогосподарський слід Дніпропетровської області

№	Продукти лісового господарства	Внутрішнє споживання, м³	Середньосвітова продуктивність, м³/гга	Загальнообласний лісогосподарський слід, гга
1	Лісоматеріали (зокрема, ДВП, ДСП, МДФ)	862 500	5,6644	152 266,79
Загальний лісогосподарський слід: $F = \sum_{i=1}^{n} \frac{F_i^d}{P_i^w} = 152\ 266{,}79.$				
Лісогосподарський слід на душу населення: $\bar{F} = \frac{F^d}{N_b} = 0{,}046$ гга/люд.				

Рибогосподарський слід *(Fg)* визначає площу акваторій, що мають середньосвітову продуктивність, необхідну для виробництва риби і морепродуктів в обсягах, відповідних внутрішньому споживанню країни. Звідси загальний рибогосподарський слід становить:

$$Fg = \sum_{i=1}^{d} F_i^d / P_i^w, \quad (8)$$

де F_i^d – обсяг внутрішнього споживання риби і рибопродуктів, P_i^w – середньосвітова продуктивність риби і рибопродуктів, а рибогосподарський слід на душу населення визначається:

$$\overline{Fg} = Fg / N_b, \quad (9)$$

де N_b – чисельність населення.

Розрахунок рибогосподарського сліду Дніпропетровської області наведено в табл. 3.

Лісогосподарський слід *(F)* показує, яка площа лісів із середньосвітовою продуктивністю необхідна для задоволення внутрішнього споживання продуктів лісового господарства. Загальна формула для розрахунку лісогосподарського сліду має вигляд:

$$F = \sum_{i=1}^{n} F_i^d / P_i^w), \quad (10)$$

де n – кількість продуктів лісового господарства, F_i^d – внутрішнє споживання i-го продукту лісового господарства, P_i^w – середньосвітова продуктивність лісу.

Лісогосподарський слід на душу населення визначається:

$$\bar{F} = F / N_b, \quad (11)$$

де N_b – чисельність населення.

Розрахунок лісогосподарського сліду Дніпропетровської області наведено в табл. 4.

Енергетичний слід *(E)* може обчислюватись за двома методиками. Перша передбачає врахування структури енергетичного балансу. Згідно з другою методикою вся споживана в країні енергія переводиться в обсяг деревини, необхідної для виробництва такої кількості енергії. Визначений обсяг деревини ділиться на середньосвітову продуктивність лісу. Отже, за даною методикою, енергетичний слід показує, яка площа лісу із середньосвітовою продуктивністю знадобилася б для виробництва енергії, достатньої для задоволення внутрішніх потреб області, якби в ролі енергоносія використовувалися тільки дрова. Оскільки дані про структуру енергетичного балансу в Державній службі статистики України визначаються як дані внутрішнього користування, була обрана друга методика. Фахівці відзначають, що при розрахунку енергетичного сліду за обома методиками показники незначно відрізняються один від одного [2, с. 88].

Врахувавши внутрішнє споживання енергії Дніпропетровської області, питому теплоємність дерева, масу дров, середню щільність дерева, обсяг деревини, середньосвітову продуктивність лісу, обчислили енергетичний слід на душу населення Дніпропетровської області, який становить – 2,72 гга/люд.

Слід інфраструктури *(I)* завжди дорівнює екологічній ємності території, яку займають об'єкти інфраструктури, тобто житла, транспорту й виробничих потужностей.

На частку населених пунктів, земель промисловості, транспорту, зв'язку, оборони та інших земель несільськогосподарського призначення доводиться 193,2 тис. га – 6,1 %.

До того ж слід інфраструктури на душу населення можна визначити за формулою:

$$I_в = \frac{SI_в \times EF(Cl) \times PF(Cl)_в}{N_в}, \quad (12)$$

де $I_в$ – екологічна ємність територій, зайнятих об'єктами інфраструктури, гга/люд, $SI_в$ – площа територій, зайнятих об'єктами інфраструктури, га, *EF(Cl)* – еквівалентний фактор орних земель, *F(Cl)* – продуктивний фактор орних земель України, $N_в$ – чисельність населення Дніпропетровської області, люд.

Оскільки інфраструктура, як правило, розміщується на біологічно продуктивних територіях, еквівалентний і продуктивний фактори для розрахунку цього показника приймаються рівними відповідним показникам для орних земель.

$$I_в = \frac{193200 \times 2.415 \times 0.7875}{3292400} = 0{,}11 \text{ гга/люд.}$$

Екологічний слід на душу населення розраховується за формулою:

$$EF = \overline{Cl} + \overline{Gl} + \overline{Fg} + \bar{F} + \bar{E} + \bar{I}$$

EF = 0,21+1,15+0,21+0,046+2,72+0,11=4,446 гга/люд.

Висновки. За результатами дослідження встановлено, що загальний екологічний слід на душу населення Дніпропетровської області становить 4,446 гга/люд., при цьому нестача енергетичних ресурсів і споживання продуктів харчування є значним рушієм екологічного дефіциту області, де попит на відновлювані ресурси й послуги екосистем перевищує здатність цих екосистем їх забезпечити. Визначено, що Дніпропетровська область покладається на потужності інших областей України та зарубіжних країн, щоб задовольнити попит населення на енергоносії.

Подальші дослідження критеріїв екологічного сліду потребують більш ретельного вивчення. Виникає необхідність провести обчислення елементів екологічного сліду для інших областей України, синхронізувати отримані дані з розрахунками щодо екологічної ємності та поєднати їх в єдине ціле для розроблення заходів щодо усунення екологічного дефіциту ресурсів.

Література

1. Головне управління статистики у Дніпропетровській області. 2005. URL: http://www.dneprstat.gov.ua/statinfo%202015/sg/ (дата звернення: 01.03.2018).
2. Мозговая О.С. Применение концепции «экологический след» для расчета резервов экологической емкости с целью определения рекреационной нагрузки в национальных парках Беларуси. Журнал международного права и международных отношений. 2007. № 2. С. 85–93.
3. Baabou W., Grunewald N., Ouellet-Plamondona C. The Ecological Footprint of Mediterranean cities: Awareness creation and policy implications. Environmental Science & Policy. 2017. № 69. P. 94−104.
4. Blasi E., Passeri N., Franco S. An ecological footprint approach to environmental-economic evaluation of farm results. Agricultural Systems. 2016. № 145. P. 76–82.
5. Collins A., Galli A., Patrizi N. Learning and teaching sustainability: The contribution of Ecological Footprint calculators. Journal of Cleaner Production. 2017. № 174. P. 1000−1010.
6. Food and Agricultural Organization: the FAOSTAT Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. URL.: http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0. (дата звернення: 03.03.2018).
7. Galli A., Giampietro M., Goldfinger S. Questioning the Ecological Footprint. Ecological Indicators. 2016. № 69. P. 224–232.
8. Galli A., Iha K., Halle M. Mediterranean countries' food consumption and sourcing patterns: An Ecological Footprint viewpoint. Science of the Total Environment. 2017. № 578. P. 383–391.
9. Kitzes J., Berlow E., Conlisk E. Consumption-Based Conservation Targeting: Linking Biodiversity Loss to Upstream Demand through a Global Wildlife Footprint. 2016. Conservation Letters. 1-8. Doi:10.1111/con4.12321.
10. Lazarus E., Lin D., Martindill J. Biodiversity Loss and the Ecological Footprint of Trade. Diversity. 2015. № 7. P. 170–191.
11. Mancini M., Galli A., Niccolucci V. Ecological Footprint: Refining the carbon Footprint calculation. Ecological Indicators. 2016. № 61. P. 390–403.

УДК 332.2:504.064.36

ЗАХОДИ З ЕКОЛОГІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ МАЛИХ РІЧОК НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ КАЛАНЧАК У ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Савчук Д.П.[1], Бабіцька О.А.[1], Котикович І.В.[1], Кузьмінський В.В.[2], Кузьмінський В.О.[3]
[1]Інституту водних проблем і меліорації
Національної академії аграрних наук України
вул. Васильківська, 37, 03022, м. Київ
iwpim.aan@gmail.com
[2]Національна академія аграрних наук України
вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 9, 01010, м. Київ
prezid@naas.gov.ua
[3]Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
kuzw@ukr.net

У статті наведено дані про застосування басейнового підходу, який передбачає раціональне управління водними і земельними ресурсами в межах річкового басейну на основі всебічного вивчення й аналізу природних, господарських і соціально-економічних умов та вжиття заходів для екологічної реабілітації малих річок, на прикладі р. Каланчак Херсонської області. *Ключові слова:* водні ресурси, річка, реабілітація.

Мероприятия по экологическому восстановлению малых рек на примере реки Каланчак в Херсонской области. Савчук Д.П., Бабицкая А.А., Котикович И.В., Кузьминский В.В., Кузьминский В.А. В статье приведены данные о применении бассейнового подхода, который предусматривает рациональное управление водными и земельными ресурсами в пределах речного бассейна на основе всестороннего изучения и анализа природных, хозяйственных и социально-экономических условий и принятия мер для экологической реабилитации малых рек, на примере р. Каланчак в Херсонской области. *Ключевые слова:* водные ресурсы, река, реабилитация.

Small rivers ecological restoration events on the example of the Kalanchak River in the Kherson region. Savchuk D.P., Babitskaya A.A., Kotikovich I.V., Kuzminskii V.V., Kuzminskii V.A. The article presents data on the application of the basin approach, which provides for the rational management of water resources within the river basin on the basis of comprehensive study and analysis of natural, and land economic and socio-economic conditions and the implementation of relevant important events for the ecological rehabilitation of small rivers on the example of the river Kalanchak of the Kherson region. *Key words:* water resources, river, rehabilitation.

На території України налічується майже 71 тисяча річок і тимчасових водотоків, 90% яких належать до категорії малих річок.

Річка Каланчак – це мала степова річка на півдні України, басейн якої розташований у межах великого зрошуваного масиву (рис. 1). Площа водозбірного басейну становить 812 км², довжина басейну – приблизно 45 км, ширина – 14–28 км. Похил схилів долини річки становить 0,001–0,0005.

У далекому минулому річка Каланчак була повноводною. Річкова долина насичена чисельними насипами з дорогами і каналами, які змінили напрямки поверхневого стоку та призвели до періодичного утворення тимчасових водойм і зон затоплення. На річці побудовано багато автомобільних і пішохідних мостів та трубчастих переїздів, які внаслідок відкладання мулу під ними призвели до утворення підпорів і підйому рівнів води в річці, уповільнення течії, перешкоджання пропуску паводків, зниження дренуючої здатності русла, інтенсифікації процесів затоплення та підтоплення на прирічкових територіях, погіршення якості води.

Побудовані в гирловій частині річки дві греблі від'єднали річку від моря, ліквідували природний водообмін між річкою та морем під час вітрових нагонів води.

Внаслідок господарської діяльності природний стан річки істотно змінився. У річку стали надходити зворотні води зі зрошувальних систем, зокрема з рисових полів, що сприяє зростанню мінералізації річкової води. Наявні скиди неочищених стічних вод. Внаслідок забруднення річки її санітарний стан суттєво погіршився, особливо влітку. У воді виявляли високий вміст кишкової палички. Виникла необхідність заборони купання в річці.

Басейн річки Каланчак належить до одного з найбільш вразливих у регіоні щодо розвитку шкідливої дії вод. Загальна площа підтоплених земель у басейні річки становить майже 2 тис. га, з них 0,2 тис. га – у населених пунктах, 1,8 тис. га – на сільгоспугіддях.

Найбільші за масштабами затоплення та підтоплення трапляються в періоди інтенсивних опадів, бурхливого сніготанення, високої й аномально високої водності. За різними джерелами встановлено, що інтенсивні затоплення та підтоплення в басейні річки спостерігалися в 1933, 1969, 1973, 1977, 1981, 1985, 1988, 1997, 1998, 2005, 2007, 2008, 2010 рр. Надзвичайні підтоплення сталися в 1998, 2003, 2005, 2010 рр.

До вразливих щодо проявів процесів затоплення належать 11 населених пунктів: селища Каланчак і Чаплинка, села Новоолександрівка, Новопавлівка, Рогачинка, Балтазарівка, Преображенка, Червоний Яр, Червона Поляна, Нове, Дарівка.

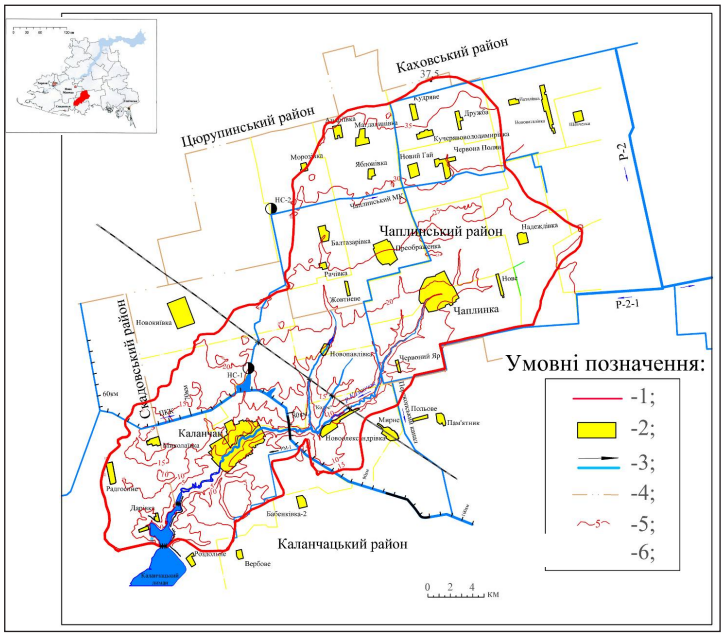


Рис. 1. Загальна карта-схема басейну річки Каланчак: 1 – лінія вододілу; 2 – населені пункти; 3 – зрошувальні канали; 4 – межа району; 5 – горизонталі місцевості

Отже, внаслідок антропогенної діяльності річка та її басейн зазнали істотних трансформацій, які призвели до зміни русла, берегів, гідрологічного та гідрохімічного режимів, уповільнення течії води, формування застійних зон, підпорів і підйому рівнів води, підтоплення територій та інших негативних процесів.

На даний час стан річки незадовільний. Неодноразові спроби розчищення русла річки не дали бажаних результатів. Тому на часі постали питання комплексного відродження й оздоровлення річки з урахуванням природних умов і господарської діяльності в межах усього басейну.

Для розв'язання задач із відновлення й оздоровлення річки Каланчак був застосований басейновий підхід, який передбачає раціональне управління водними і земельними ресурсами в межах річкового басейну на основі всебічного вивчення й аналізу природних, господарських і соціально-економічних умов [1–4; 6].

Одними з важливих заходів екологічної реабілітації р. Каланчак є: захист територій від затоплення та підтоплення; відновлення роботи і модернізація наявного дренажу; розчищення русла річки від наносів і замулення під мостами; влаштування декоративних водойм і фонтанів; відновлення водності річки, покращення її гідрологічного режиму, збільшення водопропускної здатності; проведення берегоукріплювальних робіт, влаштування набережної; звільнення від деревно-чагарникової рослинності, обсадження берегів декоративною рослинністю; очищення прибережних смуг від сміття.

У складі комплексного захисту велике значення також мають організаційні заходи з раціонального використання водних ресурсів басейну річки і прилеглих районів, постійної економії поливної і водопровідної води, збільшення площ краплинного зрошення овочевих культур, садів і виноградників, оптимізації сівозмін і структури використання земельних ресурсів, збільшення площ лісосмуг і насаджень.

Особливо важлива меліорація річки, яка зазвичай передбачає регулювання русла (поглиблення, розчищення, виправлення), регулювання річкового стоку (влаштування ставків), забезпечення оптимального співвідношення між лісом, ріллею й іншими угіддями, встановлення водоохоронних зон, раціональне використання водних ресурсів і охорону річки [5; 7].

Зважаючи на велику протяжність, швидке заростання та замулення русла, доцільно для його розчищення придбати спеціальну машину (типу амфібії), яка б проводила практично постійно меліоративні роботи.

Збільшення водності річки та поліпшення якості річкової води може бути досягнуто завдяки використанню поливної води і подачі її в річку з великих каналів, які перетинають її долину. Домінування Північно-Кримського каналу над річкою дозволяє подавати воду за допомогою сифонів.

Реалізація комплексу зазначених заходів дозволить відновити первісний стан річки Каланчак, знизити ризики затоплення і підтоплення територій природного та техногенного характеру, створити екологічно чисті водні об'єкти, водоохоронні зони, прибережні смуги та місця відпочинку, поліпшити водно-екологічну ситуацію і мікроклімат у басейні, покращити умови життєдіяльності населення на берегах річки та в її басейні, забезпечити раціональне управління водними ресурсами.

Література

1. Алексєєвський В.Є., Тураєва О.В. Басейновий принцип проведення моніторингових робіт на осушуваних землях. Проблеми ефективного використання водних ресурсів та меліорації земель: зб. тез наук.-практ. конференції. К., 1996. С. 40–41.
2. Волошкіна О.С. Наукове обґрунтування прогнозу стану річкових басейнів України і методи його оцінки: автореф. дис. ... докт. техн. наук. К., 2004. 34 с.
3. Иванушкина Н.И. К вопросу систематизации объектов осушения по отдельным речным водосборам в бассейне Днепра. Мелиорация и водное хозяйство: межведомств. республ. тематич. научно-техн. сб. Вып. 24. К.: Урожай, 1973. С. 77–80.
4. Манюк В.В. Басейновий підхід до проектування та реалізації екологічної мережі на прикладі регіону Степового Придніпров'я. Екологічний вісник. 2008. № 2. С. 8–10.
5. Маслов Б.С. Мелиорация вод и земель. Минск, 2000. 258 с.
6. Пелешенко В.И., Закревский Д.В., Снежко С.И., Гребень В.В. Исследование условий формирования стока химических компонентов в бассейне малой реки. Мелиорация и водное хозяйство: межведомств. республ. тематич. научно-техн. сб. Вып. 73. К.: Урожай, 1990. С. 70–76.
7. Середа К.А. Інженерно-технічні заходи щодо поліпшення екологічного стану малих річок. Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист: наук. зб. Київ; Кременчук, 2011. С. 97–102.

УДК 504.4.054:504.5.06

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ХІМІЧНИМИ СПОЛУКАМИ ВІДВАЛЬНИХ ПОРІД

Орлінська О.В.[1], Максимова Н.М.[1], Пікареня Д.С.[2]
[1]Дніпровський державний аграрно-економічний університет
вул. С. Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро
egmsitb@gmail.com
natalya.maksimova@i.ua
[2]Дніпровський державний технічний університет
вул. Дніпробудівська, 2, 51900, м. Кам'янське
nippel@ua.fm

За результатами польових і лабораторних досліджень виявлено, що у тілі відвалів відбуваються процеси розчинення залізистих кварцитів. Утворені внутрішньовідвальні води характеризуються підвищеним рівнем загальної мінералізації та вмістом кремнегелю, хлоридів, натрію і калію. Міграція фільтратів до основи відвалів призводить до забруднення підземних вод. *Ключові слова:* вплив відвалу, гідрохімічні показники, екологічна оцінка, підземні води.

Оценка загрязнения подземных вод химическими соединениями отвальных пород. О.В. Орлинская, Д.С. Пикареня, Н.Н. Максимова. В результате проведения полевых и лабораторных исследований выявлено, что в теле отвалов происходит растворение железистых кварцитов. Образованные внутриотвальные воды характеризуются повышенными значениями общей минерализации и содержанием кремнегеля, хлоридов, натрия и калия. Миграция фильтратов к основанию отвалов приводит к загрязнению подземных вод. *Ключевые слова:* влияние отвала, гидрохимические показатели, экологическая оценка, подземные воды.

Assessment of groundwater pollution by chemical compounds of dump rock. Orlinska O., Maksymova N., Pikarenia D. As a result of field and laboratory studies, it was found that ferrous quartzites dissolve in the body of the dumps. The formed intra- dumps waters have increased values of total mineralization and the content of silica gel, chloride, sodium and potassium. Migration of filtrates to the base of the dumps leads to contamination of groundwater. *Key words:* impact of dump, hydrochemical indicators, environmental assessment, groundwater.

Постановка проблеми. Водні ресурси гірничодобувних регіонів України відзначаються низькою якістю. Навколо територій складування відходів гірничорудної промисловості спостерігаються значні ореоли забруднення підземних вод, а місцеві водотоки характеризуються підвищенням сольового стоку. Основною причиною їх деградації вважаються фільтраційні втрати з водонесучих комунікацій, хвостосховищ, ставків-накопичувачів і відстійників високомінералізованих вод, а вплив відвалів гірських порід на забруднення підземних і поверхневих вод майже не враховується.

Для дослідження впливу складування відходів гірничорудної промисловості на якість водних ресурсів прилеглих територій був обраний типовий для Криворізького залізорудного басейну об'єкт-модель – відвал Лівобережний Південного гірничо-збагачувального комбінату. Відвал відсипаний залізистими кварцитами та сланцями на площі близько 900 га (рис. 1). Висота діючого відвалу сягає більше 102 м.

На півдні від м. Кривий Ріг у районі складування Лівобережного відвалу виділяють три водоносних горизонти, верхній розташований у четвертинних суглинках, середній – у неогенових вапняках, нижній – у кристалічних породах докембрію. Саме верхній горизонт зазнає максимального впливу від внутрішньовідвальних вод. Це проявляється не лише зміною якісних характеристик води, але і в порушенні умов залягання водовмісних порід. Через високий тиск, який чинить відвал на підстилаючу поверхню, підземні води розвантажуються у пониженнях рельєфу та виходять на поверхню у підніжжя відвалу [1]. За даними досліджень, води мають мінералізацію 6,4−11,9 г/дм^3, жорсткість – 37−80 мг-екв/дм^3 та належать до вод сульфатно-магнієвого типу за катіонно-аніонним складом [2].

Виклад основного матеріалу дослідження. Для оцінки забруднення підземних вод хімічними сполуками відвальних порід у 2004 р. та у 2016 р. було проведено опробування трьох джерел на півдні Лівобережного відвалу, які вже мають власне русло і сталий характер. Для зіставлення хімічного складу підвідвальних джерел і внутрішньовідвальних фільтратів проведені експерименти з розчинення залізистих кварцитів у дистильованій воді.

Русла вищезазначених джерел спрямовані так, що всі високомінералізовані води потрапляють безпосередньо до р. Інгулець.

У 2004 р. були проведені дослідження з визначення хімічного складу води з цих джерел [3].

Вода з джерела № 1 мала дуже солоний смак із відчутним гірким та в'яжучим присмаком, її температура становила 4−8 °С, а загальна мінералізація –

5,7 г/дм^3. Вода з джерела № 2 майже нічим не відрізнялась за органолептичними показниками від води з джерела № 1 та мала мінералізацію 5,0 г/дм^3. Вода з джерела № 3 мала менш солоний смак та мінералізацію 6,0 г/дм^3. Це дає змогу робити висновок про підвищений вміст хлоридів, натрію та калію.

У 2017 р. проведені повторні дослідження цих джерел і виявилось, що за цей час вода з цих джерел зазнала змін. Хімічний склад підвідвальних вод визначався у сертифікованій лабораторії Центру радіоекологічного моніторингу (ЦРЕМ) м. Жовті Води.

Вода з джерела № 1 втратила солоний смак, але в'яжучий присмак лишився. Мінералізація води зменшилась до 4,8 г/дм^3. Вода з джерела № 2 також втратила солоний смак, але показник мінералізації збільшився до 7,8 г/дм^3. У воді з джерела № 3 спостерігається збільшення мінералізації до 9,6 г/дм^3. Ці результати свідчать про те, що за 12 років у ґрунтових водах четвертинного горизонту відбулись зміни хімічного складу, але це пов'язано не лише з фільтруванням атмосферних опадів через тіло відвалу (табл. 1).

Результати досліджень показали, що розчинення залізистих кварцитів під дією атмосферних опадів відбувається дуже активно. Якщо врахувати масу відвалу, то можна стверджувати, що забруднення прилеглих до відвалу територій розчинними речовинами з відвальних порід має бути значним. Лівобережний відвал є потужним джерелом забруднення ґрунтів та підземних вод. З нього виноситься велика кількість механічних часток та розчинних речовин, серед яких присутні і вкрай небезпечні. Незважаючи на те, що порівняно з результатами хімічних аналізів 2004 р. якість води дещо змінилась у кращий бік, забруднення води до теперішнього часу залишається відчутним. Із поверхневих вод розчинені речовини потрапляють у головну річку регіону – Інгулець, тим самим погіршуючи її екологічний стан. Так, за даними [1], на ділянці річки Інгулець, що майже омиває з півночі та північного заходу відвал, сольовий стік збільшується на 45,06 т/добу. Основним джерелом забруднення може бути лише Лівобережний відвал.

У першому експерименті використовувався зразок залізистого кварциту, який був подрібнений на шматочки від 22 до 60 мм у діаметрі. Роздрібнений зразок був зважений на електронних вагах, його маса становила 365,57 г. Кварцит був поміщений у порцелянову чашку, залитий 200 мл дистильованої води так, щоб він був покритий шаром води. Чашку зверху накрили файлом для того, щоб запобігти потраплянню повітря та випаровування води з неї. У такому стані залізисті кварцити стояли близько 1,5 року.

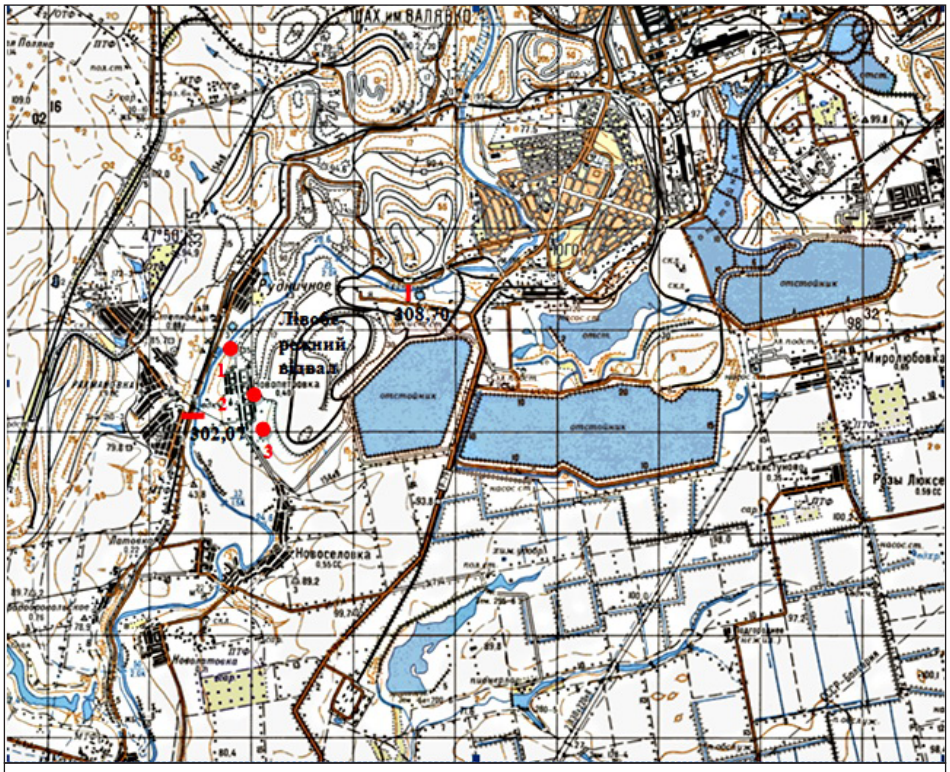


Рис. 1. Місцерозташування Лівобережного відвалу

Умовні позначення

1. 3 – відбір проб води з джерел, їх номер;
2. 302,07 – кілометри по руслу річки (від гирла).

У другому експерименті залізистий кварцит також був подрібнений на дрібні шматки та поміщений у скляну банку, залитий довільною кількістю дистильованої води. У процесі експерименту було виявлено розчинення залізистих кварцитів у воді та утворення осаду на стінках скляної банки.

У першому випадку, коли кварцити були залиті 200 мл дистиляту, спостерігалась поява плівки, яка покрила пробу, а на самих залізистих кварцитах спостерігалась поява нальоту білого кольору, а на стінках та на дні порцелянової чаші з'явився осад темного кольору.

У другому випадку відбулись трішки інші зміни. У воді утворились ниткоподібні субстанції мутно-сірого кольору, ззовні вони схожі на кремнегель (рис. 2а). Із часом вони зникли, а вода втратила прозорість і набула мутності (рис. 2б). За результатами проведення рентгеноструктурних аналізів у ДВНЗ

Таблиця 1

Зведена таблиця хімічного складу підвідвальних вод

Показник		Джерело № 1		Джерело № 2		Джерело № 3	
		2004 р.	2017 р.	2004 р.	2017 р.	2004 р.	2017 р.
Аніони, мг/дм^3	HCO_{3-}	408,7	439	408,7	482	433,1	586
	Cl^-	1096	87,8	281,2	435,2	773,2	154,4
	$SO4^{2-}$	2764	2665	3078	2691	3687	2730
	∑	4269	3192	3768	3608	4893	3470
Катіони, мг/дм^3	Ca^{2+}	370,7	77,4	280,6	129,4	340,7	58,8
	Mg^{2+}	626,2	131,3	614,1	125,9	778,2	121,1
	$Na^{++}K^+$	590,8	458,9	340,2	528,1	593,1	598,7
	∑	1588	668	1235	783	1802	779
Жорсткість, мг-екв./дм^3		70,0	Не визначалась	64,5	Не визначалась	81,0	Не визначалась
Мінералізація, г/л		5,7	4,8	5,0	7,8	6,0	9,6

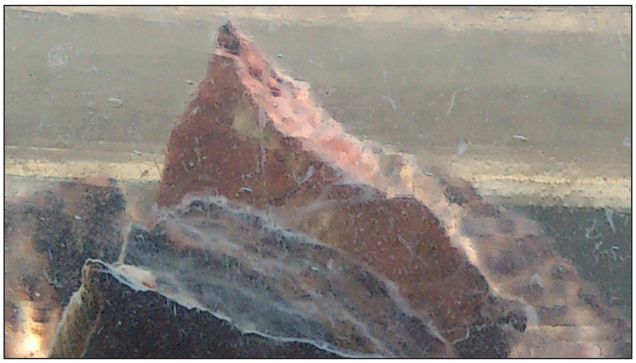
Примітка. Дані за 2004 р. запозичені з роботи [3]

Таблиця 2

Результати експериментів з розчинення залізистих кварцитів у дистильованій воді

Показник	Проба № 1	Проба № 2
Об'єм витяжки, дм^3	0,1815	0,3620
Вміст зважених речовин, г/дм^3	8,32	0,53
Вміст сухого залишку, г/дм^3	0,4	0,3
Вміст іонів-хлориду, г/дм^3	0,341	0,355
Вміст гідрокарбонат-аніонів, мг/дм^3	Не визначався	24
Вміст іонів-кальцію, мг/дм^3	Не визначався	8
Вміст іонів-магнію, мг/дм^3	Не визначався	7,29
Вміст сульфат-аніонів, мг/дм^3	Не визначався	35

а



б

Рис. 2. Ниткоподібні утворення гелю кремнієвої кислоти під час розчинення залізистих кварцитів

«Український державний хіміко-технологічний університет» було встановлено, що це насправді гель кремнієвої кислоти SiO_2.

Дослідження вмісту гідрокарбонат-аніону, аніон-хлору, сульфат-аніону, калію та магнію виконувались у ДВНЗ «Український хіміко-технологічний університет». У лабораторії ЦРЕМ були виконані дослідження на виявлення вмісту у підвідвальних водах гідрокарбонат-аніону, сульфат-аніону, аніон-хлориду, натрію, калію, кальцію, магнію.

У результаті проведення досліджень та хімічних аналізів можна з впевненістю сказати, що у Лівобережному відвалі ПдГЗК відбуваються процеси розчинення залізистих кварцитів. Далі розчинені речовини разом з атмосферними опадами просочуються через тіло відвалу і потрапляють в основу відвалу, звідки надходять у підземні води та змінюють їх гідрохімічний склад.

Після завершення експерименту з настоюванням водні витяжки з кварцитів злили у мірну колбу та дослідили їх за фізико-хімічними параметрами. Об'єм витяжки з першого досліду – 0,1815 дм^3, з другого – 0,362 дм^3.

Для отримання розчинів був вивчений їх хімічний склад та мінералізація, а також зміни, що відбулись зі шматками залізистих кварцитів при їх розчиненні у дистиляті (табл. 2).

Значну різницю у кількості зважених речовин можна пояснити тим, що з проби № 2 був відібраний розчин для рентгеноструктурного аналізу, а потім для відновлення об'єму додана дистильована вода, і експеримент продовжувався ще близько півроку. Однак, незважаючи на це, результати свідчать про те, що відбувається руйнування залізистих кварцитів.

Головні висновки. Експериментальне вивчення міграції мікроелементів із порід відвалів у воду показало на прикладі Лівобережного відвалу, що відбуваються хімічні процеси розчинення залізистих кварцитів, а саме: у воді утворюються нитковидні гелеподібні субстанції мутно-сірого кольору, ззовні дуже схожі на кремнегель, а на самих кварцитах формуються пластівці білого кольору. Відбуваються якісні зміни води, підвищення рівня загальної мінералізації та вмісту хлоридів, натрію та калію. Ці розчинені речовини разом з атмосферними опадами потрапляють в основу відвалу та впливають на геохімічний стан підземної гідросфери.

Проаналізовано зміни хімічного складу вод, що виходять на поверхню у вигляді підвідвальних джерел, які розташовані у підніжжі відвалу. Опробування та аналіз підвідвальних джерел показали, що за останні 12 років відбулись зміни хімічного складу підвідвальних вод, а саме: зменшився сольовий склад джерел, але збільшилась їх мінералізація.

Проведена раніше екологічна оцінка якості води р. Інгулець за середньорічними показниками за 1998−2008 рр. та 2013−2016 рр. показала, що відбувається забруднення поверхневих вод внаслідок проходження р. Інгулець біля Лівобережного відвалу [1−4].

Література

1. Орлінська О.В. Концептуальна модель розвитку підтоплення і забруднення підземних вод на територіях, прилеглих до відвалів гірничорудної промисловості / О.В. Орлінська, Н.М. Максимова, Д.С. Пікареня. Металлургическая и горнорудная промышленность. 2015. № 1. С. 160–163.
2. Дослідження гідрологічного та гідрогеологічного режиму та визначення джерел забруднення р. Інгулець в районі діяльності підприємств Кривбасу у Дніпропетровській області. Проект. Звіт. 1860-3В. Том 1. Дніпропетровськ, 2007. 136 с.
3. Орлинская О.В. Экологические проблемы железорудных регионов / О.В. Орлинская, О.А.Терешкова, Д.С. Пикареня. Екологічні проблеми гірничо-металургійного комплексу за умов формування принципів збалансованого розвитку: матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 2−3 грудня 2008 р.). К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2008. С. 165−172.
4. Орлинская О.В. Влияние Левобережного отвала горных пород Криворожского железорудного бассейна на экологическое состояние прилегающих территорий (по данным геофизических исследований) / О.В. Орлинская, Д.С. Пикареня, Н.Н. Максимова. Докл. междунар. науч. симп. «Неделя эколога – 2017» (Каменское, 10−13 апреля, 2017). Каменское: ДГТУ, 2017. С. 134−137.

УДК 577.3

МІКРОХВИЛЬОВА ОБРОБКА РОСЛИННОГО СУБСТРАТУ ДЛЯ ДЕРЕВОРУЙНУЮЧИХ ГРИБІВ

Бошкова І.Л., Волгушева Н.В., Бошков Л.З.
Одеська національна академія харчових технологій
вул. Дворянська, 1/3, 65082, м. Одеса
boshkova.irina@gmail.com
natvolgusheva@gmail.com

Вивчається ефективність застосування мікрохвильового нагріву рослинного субстрату, призначеного для культивування дереворуйнівних грибів. Наведено результати експериментальних досліджень на пшеничній соломі, попередньо замоченій або спочатку сухій. Визначено режими, при яких мікрохвильова обробка призводить до пригнічення патогенної мікрофлори й посилення росту гриба глива, що культивується. Встановлено оптимальний алгоритм мікрохвильової підготовки субстрату, застосування якого дає змогу істотно знизити витрати енергії. Стверджується, що метод мікрохвильової обробки субстрату має істотні переваги, як порівняти з традиційними технологіями пастеризації і стерилізації. *Ключові слова:* культивування грибів, енерговитрати, солома, глива, мікрохвильове нагрівання, стерилізація, теплота.

Микроволновая обработка растительного субстрата для дереворазрушающих грибов. Бошкова И.Л., Волгушева Н.В., Бошков Л.З. Изучается эффективность применения микроволнового нагрева растительного субстрата, предназначенного для культивирования дереворазрушающих грибов. Приведены результаты экспериментальных исследований на пшеничной соломе, предварительно замоченной или изначально сухой. Определены режимы, при которых микроволновая обработка приводит к угнетению патогенной микрофлоры и усилению роста культивируемого гриба вешенка. Установлен оптимальный алгоритм микроволновой подготовки субстрата, применение которого позволяет существенно снизить затраты энергии. Утверждается, что метод микроволновой обработки субстрата имеет существенные преимущества в сравнении с традиционными технологиями пастеризации и стерилизации. *Ключевые слова:* культивирование грибов, солома, вешенка, энергозатраты, микроволновый нагрев, стерилизация, теплота.

Microwave treatment of vegetable substrates for wood-destroying mushrooms. Boshkova I., Volhusheva N., Boshkov L. The efficiency of microwave heating of a plant substrate intended for the cultivation of wood-destroying fungi is studied. The results of experimental studies on wheat straw, previously soaked or initially dry, are presented. The regimes under which microwave treatment leads to the inhibition of pathogenic microflora and to the growth of cultivated oyster mushroom are determined. An optimal algorithm for microwave preparation of the substrate has been established, the use of which can significantly reduce energy costs. It is claimed that the microwave method of substrate treatment has significant advantages in comparison with traditional technologies of pasteurization and sterilization. *Key words:* cultivation of mushrooms, straw, oyster mushrooms, energy consumption, microwave heating, sterilization, heat.

Постановка проблеми. Сьогодні їстівні гриби належать до найбільш перспективних продуктів харчування людини через високий вміст білків, баластових речовин, деяких вітамінів (PP, C і групи B), низький вміст жирів і низьку калорійність [1; 2; 3]. Для вирощування грибів можна використати різні рештки сільськогосподарських рослин. Це частини стебел соняшника та кукурудзи, відходи дерева, практично всі види відходів сільського господарства. Зазвичай використовують різні види термічної обробки субстрату: стерилізація, пастеризація та інше. Термічно оброблені субстрати є дуже сприятливими для росту різноманітних конкурентів грибів – різних видів пліснявих грибів і бактерій. Їхній розвиток зменшує вихід плодових тіл їстівних грибів, інфікуючи їх. Це призводить до надмірного використання різних хімічних реагентів для захисту грибів. Існуючі технології термічної підготовки субстрату є дорогими та тривалими. Приготування субстрату для вирощування їстівних грибів є найбільш енергоємним і важливим процесом у їхньому культивуванні. Існуючі методи базуються на способі нагрівання субстрату водою або парою протягом 3–7 днів у пастеризаційному або стерилізаційному процесах. Метою цих операцій є знищення патогенів на рослинних рештках, які використають як субстрат для вирощування грибів. При цьому виникають такі основні проблеми: неоднакове нагрівання маси субстрату через нерівномірність завантаження та різну теплопровідність у пастеризаційній або стерилізаційній установці, високі енерговитрати, висока вартість створення установки для приготування субстрату. Отож культивування грибів є однією з найбільш енерго- і капіталоємних областей сільського господарства, що гальмує розвиток галузі виробництва дереворуйнуючих грибів і заважає достатньою мірою проводити утилізацію рослинних решток.

Актуальність дослідження. Енергетична криза і збільшення попиту на продукцію покращеної якості викликали необхідність розвитку нових технологій. У цьому напрямі метод нагрівання в мікрохвильовому електромагнітному полі (МХ ЕМП) діелектричних матеріалів давно зарекомендував себе як високоефективний, застосування якого визнано

доцільним для модернізації ряду технологічних схем виробництва й обробки матеріалів. Як показали дослідження, застосування мікрохвильової технології для термообробки матеріалів рослинного походження має значні переваги, порівняно із традиційними способами термообробки [4; 5; 6]. До таких переваг належать: скорочення часу обробки, значна економія енергії на обробку, а також поява специфічних ефектів, які ведуть до появи нових якостей матеріалу. Істотними стримуючими факторами є недостатня повнота теоретичних та експериментальних досліджень, що не дає змоги визначати сукупність ефектів, які виникають у матеріалі під дією мікрохвильового поля, внаслідок чого ускладнений перехід до систем іншого масштабу. Тому дослідження ефектів впливу МХ поля на рослинні матеріали, які призначені для приготування грибного субстрату, є актуальними.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Напрям досліджень безпосередньо пов'язаний із визначальною проблемою енергозбереження, а також із потребою в забезпеченні громадян якісними продуктами в достатній кількості. Роботи відповідають Закону України «Про енергозбереження», затвердженому постановою Верховної Ради України № 74/94 від 1 липня 1994 р., а також «Основним положенням енергетичної стратегії України на період до 2030 р.», прийнятим Кабінетом Міністрів України 15 березня 2006 р.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мікрохвильова обробка знаходить щораз нові сфери застосування [7; 8], до того ж здебільшого роблять спроби заміни традиційних способів нагрівання на нагрівання від джерела мікрохвильового випромінювання. Однак одна така заміна для більшості технологій не приводить до отримання економічного ефекту. Це пов'язано передусім із недостатньою повнотою попередніх досліджень, що не дає змоги оптимізувати режимні параметри. Крім того, мікрохвильові технології, що розробляються, досягають високого рівня конкурентоспроможності, коли кінцевий продукт здобуває нові властивості, які неможливо або складно отримати за допомогою традиційної технології [9].

Основною метою термообробки є знищення або пригнічення мікрофлори, що є конкурентною до гриба, який культивується. Найбільш поширені м'яка термообробка, помірна термообробка й тверда термообробка. Усі види термообробки вимагають багато часу, витрат енергії та часто не забезпечують рівномірності обробки, внаслідок чого рослинний матеріал залишається інфікованим. Ці проблеми можна легко усунути, якщо використовувати мікрохвильове нагрівання субстрату.

Мета дослідження – визначення раціонального за енерговитратами й ефективного для виробництва грибної продукції режиму обробки соломистого субстрату, призначеного для вирощування гливи.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Сьогодні невизначені оптимальні режими обробки та необґрунтований принцип перенесення даних експериментів на установки промислового призначення.

Новизна роботи полягає в отриманні даних щодо методу обробки рослинних решток, зокрема соломи, для отримання як стерилізаційного ефекту, так і субстрату з поліпшеними якостями для вирощування гливи.

Методологічне значення полягає у визначенні методики обробки соломистого субстрату в мікрохвильовому полі, завдяки якій раціонально використовується властивість об'ємного поглинання мікрохвильової енергії матеріалом.

Методика проведення досліджень.

I. Методика одностадійного експерименту на визначення впливу МХ поля полягала в такому:

Подрібнену солому, суху або попередньо замочену на 48 годин, віджимали до вологовмісту W = 73%. Обробка проводилася при потужності P = 850 Вт. На аналітичних вагах зроблені навішення по 0,4 кг, які поміщалися в мікрохвильову камеру та витримувались у ній заданий проміжок часу. Після обробки з пакетів витягалась солома й охолоджувалася (якщо оброблялася суха солома – заливалася кип'яченою водою й віджималася), потім солома інокулювалася міцелієм, після чого розміщалася в поліетиленові пакети із прорізами для виходу плодових тіл.

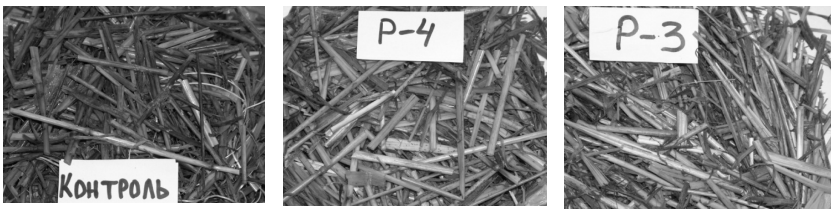
II. Методика двостадійного експерименту

Спочатку проводилася термообробка сухої соломи відповідно до методики I, потім солома заливалася водою, віджималася, розміщалася в поліетиленові пакети та витримувалась у МХ камері. Після 7 днів варто оцінити результати за ступенем обростання. Після трьох хвиль плодоношення оцінюється ефективність за виходом готового продукту (плодових тіл гливи).

III. Методика визначення енергетичної ефективності МХ обробки субстрату

Для аналізу специфіки поглинання мікрохвильової енергії матеріалом велике значення мали дослідження залежності величини поглиненої мікрохвильової енергії від завантаження камери. Вираження загального енергетичного ККД представляється в такому вигляді: $\eta = \eta_м \cdot \eta_к$, де $\eta_м$ – ККД магнетрона, $\eta_к$ – ККД мікрохвильової камери. Значення $\eta_м$ показує, з яким ККД магнетрон перетворить енергію електричного поля промислової частоти (50 Гц) в енергію з частотою мікрохвильового поля. Ця величина є паспортною. Значення $\eta_к$ залежить від умов узгодження магнетрона із хвилеводом, що завантажується матеріалом, внаслідок складності його пророкування виникає необхідність у проведенні масштабних експериментів. Насамперед для досліджень була обрана вода як речовина, електрофізичні властивості якої добре вивчені. Здатність води поглинати мікрохвильову енергію наближається до максимальної

внаслідок високої полярності молекул, що використовується при дослідженні розподілу поля всередині самої робочої камери. Крім того, загальноприйнята практика, згідно з якою для визначення оптимального завантаження камери як еталона використовується вода [11], довела можливість простого та точного розрахунку кількості теплоти перетворення. ККД камери розраховувався як відношення теплоти, перетвореної матеріалом, при розрахунках якої враховувалося значення корисного теплового потоку Qпол, втрати в навколишнє середовище (обсяг робочої камери) в результаті природної конвекції Qконв і променистого теплообміну між зразком і стінками камери (Q∑=Qкор+Qконв+Qлуч), до вихідної потужності магнетрона.



а) б) в)

Рис. 1. Термообробка соломистого субстрату в мікрохвильовому полі а) – контроль, б) – обробка протягом 5 хв., в) – обробка протягом 7 хв.

Виклад основного матеріалу. На рис. 1 наведені фото соломистого субстрату через 7 днів після його обробки в МХ полі. Контроль – субстрат без обробки (солома заливалася гарячою водою та віджималася до вологовмісту 73–75 %). Маса завантаження – 5 кг. Вихідна солома була чиста та слабко інфікована, однак спостерігався інтенсивний розвиток мікрофлори в контрольному варіанті, що видно на рис.1, а. Солома після МХ обробки (рис. 1, б, в) демонструє ефект МХ поля, що стерилізує. Вибір потрібного режиму термообробки на МХ установці камерного типу здійснюється шляхом зміни експозиції обробки субстрату в робочій камері.

Результати дослідження живильних властивостей субстрату для вирощування грибів за різних режимів обробки та різній початковій вологості представлені в таблицях 1 і 2.

Початковий солом'яний субстрат був досить «чистим» у мікробіологічному плані. Нагромадження токсичних речовин під час інкубації вологого субстрату при кімнатній температурі, мабуть, пов'язане з невеликою ендогенною інфікованістю субстрату мікроскопічними грибами (№ 1). Профілактична мікрохвильова обробка запобігала розвитку патогенних грибів і, відповідно, продукуванню токсичних метаболітів (№ 2).

Зіставлення результатів, наведених у табл. 1 і табл. 2, показує, що підвищення вологості субстрату сприяє поліпшенню ефекту обробки в МХ камері. За мікрохвильової обробки соломистого субстрату з вологовмістом не вищим ніж 20 % витрати енергії менші, ніж за обробки матеріалу, зволоженого до необхідного за традиційною технологією рівня 73–75%, однак обростання субстратних блоків міцелієм істотно гірше, що говорить про знижений ефект стерилізації. Експерименти показали також наявність оптимуму на залежності ступеня обростання міцелієм субстрату й режиму обробки.

Таблиця 1

Характер обростання субстрату міцелієм (штам НК – 35) при різній експозиції в мікрохвильовому полі. Початкова вологість W = 73 %. Вихідна потужність магнетрона 850 Вт

Режим	Експозиція, с	Кінцева температура (°С)	Результат
1	80	58,0	Наявність плісняви
2	100	73,0	Обростання міцелієм добре
3	120	79,5	Обростання міцелієм відмінне
4	140	84,5	Обростання міцелієм відмінне
5	210	76,4	Обростання міцелієм добре
6	80	57,0	Наявність плісняви
7	100	72,0	Обростання міцелієм задовільне
8	120	77,5	Обростання міцелієм відмінне
9	140	86,0	Обростання міцелієм відмінне
Контроль	–	–	Наявність плісняви та триходерми, проростання зерен субстрату

У табл. 3 результат мікрохвильового впливу оцінювався за кількістю вирослих грибів гливи.

Режим 11 – обробка соломи в камері-стерилізаторі з використанням традиційної технології відповідно до режимів, установлених для цієї обробки (температура при стерилізації досягає 120 °С, тиск – 1,5 атмосфери, тривалість стерилізації займає не більш як 3 години). Для цієї обробки потрібна

потужність $Q_{тр} = 6464$ Вт/кг. Тож навіть у разі використання магнетронів із невисоким значенням ККД (магнетрона та камери) витрати енергії при МХ обробці менші на 25 %. Отримані результати корелюються з наведеними вище: є оптимальний режим обробки, для якого експозиція становить 140 с. Для цього режиму ККД камери становив 80 %. Витрати енергії з обліком ККД магнетрона $\eta_м = 75$ %:

$$Q = \left(m \cdot c_p \cdot \Delta t\right) / \tau / \eta_м = 0,4 \cdot 3600 \cdot 66 / 140 / 0,75 = 905 \text{ Вт.}$$

Розраховуючи на кг продукції та з урахуванням ККД електростанцій $\eta_{\square} = 35$ %: $Q_{мв} = 6464$ Вт/кг.

Найкращі результати отримані із застосуванням двостадійної методики II. Кінцеві результати цих дослідів наведені в табл. 4. У колонці «Експозиція» перше значення відповідає витримці сухої соломи, друге – наступна витримка зволоженої соломи, с.

Таблиця 2

Характер обростання субстрату міцелієм при різній експозиції в мікрохвильовому полі. Початкова вологість $W = 10$ %

Режим	Експозиція, с	Потужність, (кВт)	Кінцева температура, °С	Результат
1	35	0,85	74	Наявність плісняви
2	40	0,85	84	Обростання міцелієм задовільне
3	45	0,85	87,5	Обростання міцелієм добре
4	50	0,85	93	Обростання міцелієм добре
5	120	0,3	72	Наявність плісняви
6	140	0,3	83	Обростання міцелієм відмінне
7	160	0,3	86	Обростання міцелієм добре
8	180	0,3	91	Обростання міцелієм добре
Контроль				Наявність плісняви та триходерми

З табл. 4 видно, що режим № 4 є кращим. Збільшення тривалості витримки сухої соломи в мікрохвильовій камері призводить до пригнічення росту грибів, що швидше за все пов'язане з біохімічними змінами у складі соломи. Витрати енергії при цьому складають: $Q = 646$ Вт. Розраховуючи на кг продукції та з урахуванням ККД електростанцій $\eta_{\square} = 35$ %: $Q_{мв} = 4614$ Вт/кг. Отже, двостадійний режим обробки дає змогу істотно (в 1,28 разів) збільшити вихід плодових тіл і в 1,4 рази знизити енерговитрати.

Таблиця 3

Кількість грибів, що вирощені на субстраті після обробки в МХ полі (перша хвиля плодоносіння). Початкова вологість $W = 73$ %

Режим	Експозиція, с	Кінцева температура, °С	Результат (урожай із блоку, г)
1	100	72	70
2	120	77	87
3	140	92	106
4	160	96	96
5	180	96,5	82
6	100	74	59
7	120	79	83
8	140	88,5	110
9	160	94	89
10	180	96	74
11	10800	120	65
Контроль	–	20	24

Таблиця 4

Кількість грибів, вирощених на субстраті після обробки в МХ полі (перша хвиля плодоносіння). Початкова вологість $W = 10$ % із наступним зволоженням до $W = 75$ %

Режим	Експозиція, с	Кінцева температура, °С	Результат (урожай із блоку, г)
1	10+60	72	70
2	10+70	77	97
3	10+80	92	120
4	10+90	96	136
5	15+60	96,5	65
6	15+70	74	77
7	15+80	79	79
8	15+90	88,5	86
Контроль	–	20	24

Аналіз отриманих даних дав можливість зробити висновок, що, на відміну від традиційних способів термічної обробки субстрату для вирощування грибів глива, застосування мікрохвильової технології має ряд істотних переваг. До них належать:

– висока швидкість підвищення температури в субстраті (10–12 оС за хвилину);

– одночасне об'ємне та рівномірне нагрівання всього субстрату, що перебуває в зоні робочої камери МХ установки;

– висока стерильність процесу обробки субстрату, більш комфортні умови праці;

– значно скорочується час обробки субстрату в робочій камері (до 5–8 хвилин).

Головні висновки.

1. Застосування мікрохвильової технології для підготовки рослинного субстрату здатне забезпечити високу швидкість підвищення температури в субстраті (10–12 оС за хвилину), високу стерильність процесу обробки субстрату та більш комфортні умови праці.

2. Двостадійний режим обробки соломи як основи субстрату для дереворуйнуючих грибів дає змогу істотно (в 1,28 разів) збільшити вихід плодових тіл і в 1,4 рази знизити енерговитрати.

3. Розраховуючи на кг продукції та з урахуванням ККД мікрохвильової камери, магнетрона та електростанцій $\eta_{\square} = 35$ %: $Q_{мв} = 4614$ Вт/кг. При проектуванні промислових мікрохвильових пристроїв і забезпеченні оптимального завантаження МХ камери ця величина може бути прийнята як вихідна для проведення конструкторських розрахунків.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження можуть бути використані при впровадженні енергоефективної мікрохвильової технології виробництва субстрату для вирощування дереворуйнуючих грибів, зокрема гливи та шіїтаке.

Література

1. Pokhrel C.P., Kalyan N., Budathoki U., Yadav R.K.P. Cultivation of Pleurotus sajorcaju using different agricultural residues. International Journal of Agricultural Policy and Research. 2013.Vol. 1 (2). P. 19–23.
2. Дудка И.А., Вассер С.П, Бухало А.С. и др. Промышленное культивирование съедобных грибов. Киев: Наукова думка, 1978. С. 67–105.
3. Дудка И.А., Шепа В.В., Вассер С.П. и др. Вешенка обыкновенная. Киев: Наукова думка, 1981. С. 56–97.
4. Pakhomov A.G. et al. Comparative effects of extremely high power microwave pulses and brief CW irradiation on pacemaker function in isolated frog heart slices. Bioelectromagnetics. 2000. Vol. 21. P. 245–254.
5. Коломійчук С.Г., Бошкова І.Л., Калінін Л.Г., Бошкова О.Л. Перспективи впровадження мікрохвильової технології до промислового вирощування грибів. Обладнання та технології харчових виробництв. Т. 2. Вип. 13. Донецьк: ДонДУЕТ. 2005. С. 170–177.
6. Калинин Л.Г., Бошкова И.Л., Коломийчук С.Г. Разработка микроволновой технологии подготовки субстрата для дереворазрушающих грибов. Тепловые режимы и охлаждение радиоэлектронной аппаратуры: науч.-техн. сб. 2007. Вып. 1. С. 100–104.
7. Schlegel W. Commercial pasteurization and sterilization of food products using microwave technology. Food Tech. 2003. Vol. 12. № 46. P. 62–63.
8. Chandrasekaran S., Ramanathan S., Basak T. Microwave Material Processing. A Review. AIChE Journal. 2012. Vol. 58 (2). P. 330–363.
9. Microwave sterilization of sliced beef in gravy in 7-oz trays / Z. Tang, G. Mikhaylenko, F. Liu, Jh. Mah, J. Tang et al. Food Engineering. 2008. Vol. 89 (4). P. 375–386.
10. Harlfinger L. Microwave sterilization. Food Tech. 1992. Vol. 46. № 12. P. 56–61.
11. Рогов И.А., Некрутман С.В. Сверхвысокочастотный нагрев пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1986. 351 с.

УДК 616.4-099-092.9-085.27

ВПЛИВ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА (СОЛЕЙ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ) НА НЕСПЕЦИФІЧНІ МЕХАНІЗМИ РЕГУЛЯЦІЇ ГЕМОПОЕЗУ ЗА УМОВ ПІДГОСТРОЇ ДІЇ ТА КОРЕКЦІЇ АНТИОКСИДАНТАМИ (L-ТОКОФЕРОЛ)

Гринцова Н.Б., Романюк А.М., Линдін М.С., Линдіна Ю.М.
Сумський державний університет, медичний інститут
вул. Санаторна, буд. 33, 40000, м. Суми
y.lyndina@med.sumdu.edu.ua
lyndin_nikolay@ukr.net
pathomorph@gmail.com
natalia.gryntsova@gmail.com

Дослідження складу крові може свідчити про перехід фізіологічного стану організму в патологічний, зокрема й за дії на нього екзогенних факторів (солей важких металів). Сьогодні відомо про механізми регуляції гемопоезу, зокрема і нейроендокринною системою. Змодельовано експеримент на 36 білих щурах-самцях віком 5–6 місяців. І експериментальна група тварин протягом 30 діб вживала звичайну питну воду, насичену комбінацією солей важких металів, що характерна для водних середовищ північних районів Сумської області. Тварини ІІ експериментальної групи протягом 30 діб разом із вживанням комбінації солей важких металів отримували вітамін Е (α-токоферолу ацетат). Досліджували гематологічні показники та функціональний стан гіпофіза, кори надниркових залоз і сім'яників (АКТГ(пг/мл), кортизол COR (нмоль/л), DHS (умоль/л) та TES (пг/мл)). Солі важких металів негативно впливають на функціональний стан ендокринних механізмів регуляції гемопоезу, викликаючи розвиток в організмі стадії виснаження загального адаптаційного синдрому. L-токоферол зменшує виразність цитотоксичної дії важких металів на клітини крові, сприяє зменшенню токсичного впливу солей важких металів на кору наднирників, послаблює прояви стадії виснаження загального адаптаційного синдрому, відновлює гормональну рівновагу в гіпофізарно-наднирниковій та репродуктивній панелях андрогенної ланки ендокринної системи щурів. *Ключові слова:* солі важких металів, гемопоез, α-токоферол, АКТГ, COR, DHS, TES, стрес-реакція, адаптація.

Влияние загрязнителей водной среды (солей тяжелых металлов) на неспецифические механизмы регуляции гемопоэза в условиях подострого действия и коррекции антиоксидантами (а-токоферол). Гринцова Н.Б., Романюк А.М., Лындин М.С., Лындина Ю.М. Исследование состава крови может свидетельствовать о переходе из физиологического состояния организма в патологическое, в том числе и за счет действия на него экзогенных факторов (солей тяжелых металлов). На сегодняшний день известно о механизмах регуляции гемопоэза, в том числе и нейроэндокринной системой. Смоделирован эксперимент на 36 белых крысах-самцах в возрасте 5–6 месяцев. I экспериментальная группа животных в течение 30 суток употребляла обычную питьевую воду, насыщенную комбинацией солей тяжелых металлов, что характерна для водоемов северных районов Сумской области. Животные II экспериментальной группы в течение 30 суток вместе с употреблением комбинации солей тяжелых металлов получали витамин Е (α-токоферолу ацетат). Исследовали гематологические показатели и функциональное состояние гипофиза, коры надпочечников и семенников (АКТГ (пг/мл), кортизол COR (нмоль/л), DHS (умоль/л) и TES (пг/мл)). Соли тяжелых металлов негативно влияют на функциональное состояние эндокринных механизмов регуляции гемопоэза, вызывая развитие в организме стадии истощения общего адаптационного синдрома. L-токоферол уменьшает выраженность цитотоксического действия тяжелых металлов на клетки крови, способствует уменьшению токсического воздействия солей тяжелых металлов на кору надпочечников, ослабляет проявления стадии истощения общего адаптационного синдрома, восстанавливает гормональное равновесие в гипофизарно-надпочечниковой и репродуктивной панели андрогенного звена эндокринной системы крыс. *Ключевые слова:* соли тяжелых металлов, гемопоэз, α-токоферол, АКТГ, COR, DHS, TES, стресс-реакция, адаптация.

Influence of aqueous medium (heavy metal salts) on non-specific mechanisms of regulation of hemopoiesis under conditions of subacute action and antioxidant correction (a-tocopherol). Hryntsova N., Romanyuk A., Lindin M., Lindina Yu. An examination of the blood composition may indicate the transition from the physiological state of the organism to the pathological, including through action on it exogenous factors (salts of heavy metals). To date, there are known mechanisms for regulation of hematopoiesis, including the neuroendocrine system. Experiment was simulated in 36 white male rats at the age of 5–6 months. The experimental group of animals used for 30 days the usual drinking water, saturated with a combination of heavy metal salts, which is characteristic of reservoirs in the northern regions of the Sumy region. Animals of the experimental group II for 30 days, together with the use of a combination of heavy metal salts, received vitamin E (α-tocopherol acetate). The hematological parameters and functional state of the pituitary gland, adrenal cortex and testes (ACTH (pg/ml), cortisol COR (nmol/l), DHS (umol/l) and TEES (pg/ml)) were studied. The salts of heavy metals negatively affect the functional state of the endocrine mechanisms of regulation of hemopoiesis, causing the development in the body of the stage of exhaustion of the general adaptive syndrome. L-tocopherol reduces the severity of the cytotoxic action of heavy metals on blood cells, helps to reduce the toxic effects of heavy metal salts on the adrenal cortex, weakens manifestations of the stage of exhaustion of the general adaptive syndrome and restores hormonal balance in the pituitary-adrenal and reproductive panel of the androgenic part of the endocrine system of the rats. *Key words:* heavy metal salts, hemopoiesis, α-tocopherol, ACTH, COR, DHS, TEs, stress reaction, adaptation.

Постановка проблеми. Важкі метали є пріоритетними забруднювачами повітря, водоймищ і ґрунтів у глобальних і регіональних масштабах [2; 6]. Нині відомі загальні механізми дії ксенобіотиків на клітину: генотоксичність, ферментотоксичність, імунотоксичність, мембранотоксичність, оксидативний стрес [19]. Важкі метали призводять до розладу антиоксидантного захисту внаслідок будь-якого зовнішнього впливу та викликають посилення вільно радикального окислення (далі – ВРО). Продукти ВРО ушкоджують білки, тіолові сполуки, нуклеотидфосфати, змінюють ступінь гліколізу, ушкоджують ядерну ДНК [22]. З літературних джерел відомо, що розвиток оксидантного стресу неминуче супроводжується зниженням концентрації α-токоферолу – ліпорозчинного перехоплювача вільних радикалів [1]. Сьогодні актуальним є пошук антиоксидантів, які захищають організм від окислювального стресу. Одним із таких препаратів, здатних підтримувати антиоксидантний статус організму й гомеостаз, є α-токоферол, якому присвячені наукові публікації останніх десятиліть [10]. Автори не знайшли робіт щодо впливу комбінації солей важких металів на функціональний стан ендокринних механізмів регуляції гемопоезу в умовах підгострої дії на організм статевозрілих щурів-самців солей важких металів і можливості застосування протектора α-токоферолу для корекції виявлених змін. Робота є фрагментом НДР кафедри морфології «Морфофункціональний моніторинг стану органів і систем організму за умов порушення гомеостазу» (номер державної реєстрації – 0109U008714) та фрагментом НДР кафедри патологічної анатомії «The study of changes in bone fractures by using a metal nanomaterials for osteosynthesis considering muscular function» (державний реєстраційний номер – 0116U006815).

Гомеостаз внутрішнього середовища організму залежить від взаємозв'язку окремих ланок обміну речовин і лабільності компонентів, які беруть участь у загальній системі. Згідно з сучасними уявленнями про механізми регуляції гемопоезу відомо про взаємозв'язок між станом гемопоезу і нейроендокринною системою та їхню роль у фізіологічному функціонуванні організму [3; 8]. Ці неспецифічні механізми регуляції впливають на метаболізм багатьох клітин організму, включно із кровотворними [14; 15]. Це сприяє адаптації людини до впливу різних несприятливих факторів, зокрема довкілля [3]. Так, згідно з [14; 15] істотний вплив на кров і кровотворення має гіпофіз. В експериментах на тваринах встановлено, що гіпофізектомія викликає розвиток мікроцитарної анемії, ретикулоцитопенії, сприяє зменшенню клітинної складової кісткового мозку. АКТГ збільшує в периферичній крові вміст еритроцитів і гемоглобіну, пригнічує міграцію стовбурових кровотворних клітин і зменшує ендогенне колонієутворення, одночасно пригнічуючи лімфоїдну тканину. Глюкокортикоїди стимулюють гемопоез у червоному кістковому мозку, прискорюючи дозрівання і вихід у кров гранулоцитів, з одночасним зменшенням числа еозинофілів і лімфоцитів. Чоловічі і жіночі статеві гормони по-різному впливають на кровотворення. Так, андрогени стимулюють ерітропоез. Тестостерон при введенні тваринам стимулює всі ланки утворення гранулоцитів, впливає на процеси згортання крові [7]. Загалом, гормони володіють прямою дією на проліферацію і диференціювання кровотворних клітин, змінюють їхню чутливість до специфічних регуляторів, формують гематологічні зрушення, характерні для стрес-реакції. [14; 15; 16; 17]. Отже, висвітлення питання функціонального взаємозв'язку системи адаптації «гіпофіз – кора надниркників – сім'яники» та системи гемопоезу в статевозрілих щурів, які зазнали впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища (комбінації солей важких металів), на наш погляд, є актуальним, тому стало головною метою дослідження.

Методика. Експеримент проведений на 36 білих статевозрілих щурах-самцях масою 200–250 г, віком 5–6 місяців, що були розподілені на 3 групи (по 12 щурів у групі). Щури перебували на стандартному раціоні харчування у приміщенні віварію при температурі повітря 20–25° С, вологості не більше ніж 50 %, світловому режимі день/ніч. Лабораторні тварини першої групи (контрольної) утримувались у звичайних умовах віварію, на звичайному питному та харчовому раціоні. Другу групу (ВМ) складали щури, які протягом 30 діб вживали звичайну питну воду, насичену комбінацією солей важких металів: цинку ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) – 5 мг/л, міді ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) – 1 мг/л, заліза ($FeSO_4$) – 10 мг/л, марганцю ($MnSO_4 \cdot 5H_2O$) – 0,1 мг/л, свинцю ($Pb(NO_3)_2$) – 0,1 мг/л та хрому ($K_2Cr_2O_7$) – 0,1 мг/л. [16; 17]. Третю групу (ВМ+Е) складали тварини, які протягом 30 діб разом із вживанням комбінації солей важких металів отримували вітамін Е (α-токоферолу ацетат) у формі 10 % масляного орального розчину. Підбір і розрахунок дози препарату здійснювали, зважаючи на середню терапевтичну добову дозу для дорослих, що становить 100 мг на добу (30 крапель 10 % розчину) [20]. Тварини виводилися з експерименту шляхом декапітації під ефірним наркозом через 30 діб від початку експерименту. Утримання тварин та маніпуляції над ними проводилися відповідно до положень Європейської конвенції із захисту хребетних тварин. Функціональний стан гіпофіза, кори надниркових залоз і сім'яників оцінювали шляхом визначення в сироватці периферійної крові тварин рівня АКТГ (пг/мл), кортизолу COR (нмоль/л), DHS (умоль/л) та TES (пг/мл). Використовували реагенти фірми Siemens (серії 0252 – для АКТГ, 0376 та 0388 – для COR, 0225 – для DHS, серії 0427- для TES) на автоматичному імунохемолюмінесцентному аналізаторі Immulite 1000 Siemens Healtheare Global (Siemens, США). Кількісне визначення концентрації вільного TES (пг/мл) проводилося з використанням реагентів

Таблиця № 1

Результати визначення гормонів і показників оптичної щільності гормонів у сироватці крові експериментальних і контрольних тварин (M±m), n=6

Група тварин	Вміст гормонів у сироватці крові					
Досліджувані групи тварин	АКТГ (пг/мл)	COR (нмоль/л)	Вільний TES (пг/мл)	Загальний TES (нмоль/л)	DHS (умоль/л)	Опт. Щільність DHS (умоль/л)
Контр. тварини (I)	420,0 ± 0,3	72,0 ± 3,9	0,519 ± 0,4	1,37 ± 0,1	< 0,407	27,01 ± 0,4
Експеримент. тварини ВМ (II)	223,45 ± 1,4***	< 27,6 ± 4,8***	0,78 ± 0,6	2,9 ± 0,2***	< 0,407	28,6 ± 0,4*
Експеримент. тварини ВМ+Е (III)	131,6 ± 1,3***	75,05 ± 2,7***	0,36 ± 0,093	0,7 ± 0,15**	2,52 ± 0,4***	51,07 ± 0,7***

Примітка: різниця між показниками контролю та експерименту * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

фірми «DRG», Німеччина, серія 3983, дата граничного використання – 31 жовтня 2016 р. Гематологічні показники загального клінічного аналізу крові визначали у крові, отриманої з аорти щурів при виведенні з експерименту. Визначали кількість еритроцитів (RBC) х 10^{12}/л, лейкоцитів (WBC) х 109/л, тромбоцитів (PLT) х 109/л, гемоглобіну (Hb) г/л, швидкість осідання еритроцитів ШОЕ (SER) мм/год. Розраховувався середній вміст гемоглобіну в еритроциті (MCH) нг за формулою: (Hb) г/л / (RBC) х 10^{12}/л [5; 11]. Статистична обробка даних здійснювалася в пакеті програм «Statistica 8.0» з використанням критерію Стьюдента-Фішера. Значущими вважали відмінності при $p \leq 0,05$.

Результати та їх обговорення. Виявлено, що комбінація солей важких металів протягом 30-денного терміну надходження до організму піддослідних тварин чинить негативну токсичну дію на функціональний стан гіпофіза, кору надниркових залоз, сім'яники та ряд гематологічних показників загального клінічного аналізу крові експериментальних тварин. До того ж значно та достовірно зменшується рівень як АКТГ, так і COR. Рівень АКТГ зменшується в 1,9 разів ($p < 0,001$, $t = 133,58$), а рівень COR – у 2,6 разів ($p < 0,001$, $t = 7,18$) щодо показників контрольних тварин (таблиця №1). Рівень статевого гормону DHS залишався практично незмінним і мав показники < 0, 407 умоль/л у сироватці крові як піддослідних, так і інтактних щурів. Але показник оптичної щільності цього гормону достовірно підвищувався на 5,8 % ($t = 2,76$, $p<0,05$), порівняно з показниками контрольних тварин. Рівень загального TES в експериментальних тварин підвищувався у 2,1 рази, порівняно з показниками інтактних тварин ($t = 9,49$, $p < 0,001$). Вміст вільного TES у сироватці крові піддослідних тварин був на 14,4 % більший ($t = 0,36$, $p \geq 0,05$), ніж у контрольних тварин, але цей показник не є статистично достовірним. Вивчаючи вплив неспецифічних механізмів, зокрема ендокринної системи, на регуляцію гемопоезу, нами проаналізовано ряд гематологічних показників загального клінічного аналізу крові тварин різних експериментальних груп. Так, на тлі змін гормонального гомеостазу в організмі експериментальних тварин після 30 діб надходження комплексу солей важких металів кількість Hb зменшилась на 11 % ($p < 0,01$), еритроцитів – на 23,3 % ($p < 0,01$). Показник середнього вмісту гемоглобіну в еритроциті (MCH) зазнав підвищення до 36,92 нг, що на 15,1 % ($t = 23,58$, $p < 0,001$) перевищує показники контрольних тварин. Показник ШОЕ підвищився до 2,83±0,3 мм/год, що на 70 % ($t = 2,58$, $p < 0,05$) перевищує показники контрольних тварин. Зміна кількості лейкоцитів (зростання на 4,6 % ($p = 0,11$)) та тромбоцитів (зростання на 2,5 % ($p = 0,08$)) була недостовірною. (таблиця № 1).

Вивчено стреспротекторну дію біоантиоксиданту α-токоферолу на гіпофізарно-надниркову систему, репродуктивну вісь ендокринної системи та гемопоез статевозрілих щурів під час підгострого впливу солей важких металів (III експериментальна група тварин). Прослідковується зниження рівня секреції АКТГ гіпофізом: у 3,2 рази ($p < 0,001$, $t = 216,23$) щодо показників контрольних тварин і в 1,7 разів ($p < 0,001$, $t = 46,99$) щодо тварин, котрим моделювався мікроелементоз. Водночас рівень COR значно підвищувався та практично досягав показників контрольних тварин, перевищуючи показники тварин з експериментальним мікроелементозом у 2,7 разів ($p < 0,001$, $t = 8,58$). Рівень DHS перевищує показники інтактних щурів у 6,2 рази ($p < 0,001$, $t = 5,35$). Показник оптичної щільності цього гормону також зазнав достовірного підвищення в 1,9 рази ($t = 30,01075$, $p < 0,001$), порівняно з показниками контрольних тварин (таблиця № 1). Рівень загального TES в експериментальних тварин знизився на 49 % ($t = 4,5$, $p < 0,01$), порівняно з показниками інтактних тварин, і на 76,1 % ($t = 10,25$, $p < 0,001$), порівняно з цими ж показниками у тварин 30-денного терміну досліду. Вміст вільного TES у сироватці крові піддослідних тварин менший на 30,2 % ($t = 0,39$, $p \geq 0,05$),

Таблиця № 2

Результати визначення гематологічних показників загально клінічного аналізу крові в експериментальних і контрольних тварин 30-денного терміну досліду (M±m), n=6

Група тварин	Гематологічні показники крові					
Досліджувані групи тварин	Гемоглобін (Hb) г/л	Еритро цити (RBC) х 10^{12}/л	Середній вміст гемоглобіну в еритроциті (MCH), нг	Тромбоцити (PLT), (х 109/л)	Лейкоцити (WBC) х 109/л	ШОЕ мм/год
Контр. тварини (I)	142,33 ± 3,0	4,44 ± 0,3	32,08 ± 0,2	256,5 ± 7,08	8,15 ± 0,27	1,67 ± 0,3
Експерим. тварини групи ВМ (II)	126,5 ± 2,2**	3,43 ± 0,2**	36,92 ± 0,1***	262,92 ± 4,6	8,53 ± 0,4	2,83 ± 0,3*
Експерим. тварини групи ВМ +Е (III)	134,33 ± 3,0	3,905 ± 0,1	34,4 ± 0,03***	259,82 ± 3,4	8,22 ± 0,23	1,833 ± 0,30

Примітка: різниця між показниками контролю та експерименту * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

ніж у контрольних тварин, і на 53,8 % (t = 0,66, $p \geq 0,05$) – ніж у тварин після 30-денного терміну досліду (таблиці №1, 2). Показник вільного тестостерону склав 51,6 % від загальної кількості тестостерону в організмі тварин, що більше на 13,8 %, ніж показники контрольних тварин, та на 24,9 %. – ніж показники експериментальних тварин із модельованим мікроелементозом. Показники Hb зменшилися на 5,6 % (t = 1,8, $p \geq 0,05$) стосовно даних інтактних тварин і збільшилися на 6,2 % (t = 2,14, $p \geq 0,05$) стосовно тварин, що 30 діб вживали важкі метали. Кількість еритроцитів була меншою на 23,3 % (t = 1,93, $p \geq 0,05$) щодо показників інтактних тварин, але більша на 14 % (t = 1,81, $p \geq 0,05$) стосовно тварин, що 30 діб вживали важкі метали. Спостерігається збільшення MCH на 7,2 % (t = 12,59, $p < 0,001$) щодо показників інтактних тварин і зменшення на 6,8 % (t = 25,37056, $p < 0,001$) стосовно тварин, що 30 діб вживали важкі метали. Показники ШОЕ корелюють із показниками MCH і також збільшуються на 10 % (t = 0,37, $p \geq 0,05$) щодо показників інтактних тварин і зменшуються на 35,2 % (t = 2,3, $p < 0,05$) щодо показників тварин, які 30 діб вживали важкі метали. Кількість лейкоцитів зросла на 0,85 % (t = 0,2, $p \geq 0,05$), а кількість тромбоцитів – відповідно на 1,2 % (t = 0,42, $p \geq 0,05$) стосовно показників інтактних тварин. Але, порівнюючи ці показники з відповідними показниками тварин, що 30 діб вживали важкі метали, відзначене зменшення кількості тромбоцитів на 1,4 % (t = 0,54, $p \geq 0,05$) та лейкоцитів – на 3,6 % (t = 0,62, $p \geq 0,05$) (таблиця № 2).

Головні висновки Солі важких металів негативно впливають на функціональний стан ендокринних механізмів регуляції гемопоезу в умовах їхньої підгострої дії на організм статевозрілих щурів-самців. Надходження цих хімічних сполук упродовж 30-денного терміну експерименту викликає в організмі піддослідних тварин розвиток стрес-реакції. Виявляються зміни, що характерні для стадії виснаження загального адаптаційного синдрому, результатом якого є глибокий дисбаланс у роботі гіпофізарно-наднирникової та репродуктивної панелей ендокринної системи щурів [7; 13; 14; 15; 20; 23]. Неспецифічні механізми ендокринної регуляції гемопоезу під час підгострого терміну експерименту працюють завдяки активації андрогенної ланки репродуктивної панелі організму щурів. Але ці регуляторні механізми не є ефективними в боротьбі зі стресорними агентами, можливо, завдяки перебуванню більшої частини тестостерону в неактивному, з'єднаному з білками стані [9; 14; 18; 21]. Виснаження неспецифічних регуляторних механізмів, а особливо пригнічення гормональної панелі «гіпофіз-кіркова речовина надниркових залоз», призводить до розвитку в організмі щурів еритропенії, гіперхромії, ознак токсичного гемолізу еритроцитів і пригнічення еритропоезу в кістковому мозку за типом гіпоплазії еритроїдного диферону [5; 8; 11; 12; 22]. Особливу роль в етіології анемії відіграє, на нашу думку, свинець. Його співвідношення з іншими важкими металами в суміші можна віднести до синергізму [9; 21]. Антиоксидант L-токоферол на фоні надходження до організму комбінації солей важких металів виявив достовірну стреспротекторну дію на ендокриноцити пучкової та сітчастої зони кори наднирників. Як відомо, максимальна концентрація ендогенного токоферолу розміщена в наднирниках і сім'яниках [1; 4], тому й рівень природних антиоксидантів вищий у цих тканинах. L-токоферол зменшує виразність цитотоксичної дії важких металів на клітини крові, сприяє зменшенню токсичного впливу солей важких металів на кору наднирників, послаблює прояви стадії виснаження загального адаптаційного синдрому, відновлює гормональну рівновагу в гіпофізарно-наднирниковій і репродуктивній панелях андрогенної ланки ендокринної системи щурів. Ці перебудови позитивно впливають і на стан гематологічних показників загально клінічного аналізу крові, частково нормалізуючи їхню кількість, порів-

няно з показ никами експериментальних тварин (для Hb, еритроцитів, МСН та ШОЕ), або ж наближаючи частину показників експериментальних тварин до показників контрольних тварин (для тромбоцитів і лейкоцитів).

Перспективи використання результатів дослідження базуються на розробленні рекомендацій щодо використання вітаміну Е як профілактичного засобу на територіях, забруднених солями важких металів.

Література

1. Влияние водной депривации на уровень апоптоза клеток коры надпочечников молодых и старых мышей. Стресспротекторные эффекты а-токоферолацетата / Ю.В.Азизова, Д.Л.Теплый, Е.Д.Бажанова, О.Н.Позднякова. Естественные науки. Журнал фундаментальных и прикладных исследований. 2009. № 4 (29). С. 82–86.
2. Волошин Н.А., Зябрева А.А., Стародуб А.С. Морфологическая характеристика гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы в условиях воздействия экстремальных факторов. Український морфологічний альманах. 2012. Т. 10. № 4. С. 136–137.
3. Голиков П.П., Давыдов Б.В., Матвеев С.Б. Механизмы активации перекисного окисления липидов и мобилизации эндогенного антиоксиданта альфа-токоферола при стрессе. Вопросы медицинской химии. 1987. Т. 33. № 1. С. 47–50.
4. Дмитруха Н.М. До проблеми імунотоксичності свинцю і кадмію. Современные проблемы токсикологи. 2009. № 1. С. 4–8.
5. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2009 році. Суми: ПКП «Еллада S», 2010. 84 с.
6. Євко О.І. Функціональні зміни щитоподібної залози та наднирників у дітей з гематологічною патологією, що постраждали внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, у віддалений після аварійний період: автореф. дис. … канд. мед. наук: спец. 03.00.01 – «Радіобіологія», Київ, 2008. С. 1–27.
7. Ковальчук Л.В., Ганковская Л.В., Мешкова Р.Я. Клиническая иммунология и алергология с основами общей иммунологии. Москва: Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2011. 639 с.
8. Кравців Р.Й., Буцяк Г.А. Сумісний вплив важких металів на організм тварин. Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Ґжицького. 2008. Т. 10. № 2 (37). С. 3–8.
9. Поллов К. Введение в репродуктивную эндокринологию. Мейнц – Москва: ЗАО «Рош Москва». С. 3–71.
10. Лазаренко І.А., Мельникова Н.М. Порівняння біохімічних показників крові щурів за отруєння їх свинцем в макродисперсній та наноформі. Український біохімічний журнал. 2012. Т. 84. № 1. С. 85–89.
11. Левина Э.Н. Общая токсикология металлов. Ленинградское отделение: Медицина, 1972. 183 с.
12. Мамонтова Е.В. «Реакция гипоталамо-адренокортикальной системы молодых и старых мишей на стресс и возрастные особенности коррекции стрессорных нарушений а-токоферолом»: автореф. дис. … канд. биолог. наук: спец. 03.03.01 – «Физиология», Астрахань, 2010. С. 1–10.
13. Медведев В.В., Волчек Ю.З. Клиническая лабораторная диагностика / Под ред. В.А. Яковлева. СПб.: «Гиппократ», 2006. 360 с.
14. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. Москва: ОАО «Издательство «Медицина»«. 543 с.
15. Патофізіологія / за ред. М.Н. Зайка, Ю.В. Биця. Київ, «Медицина», 2008. 704 с.
16. Патофизиология курс лекций / Под. ред. Г.В. Порядина. Москва: Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2014. С. 4–591.
17. Патофизиология /под. ред. А.И. Воложина, Г.В. Порядина. Москва: Издательский центр «Академия», 2006. Т. 2. С. 3–256.
18. Погорєлов М.В., Бумейстер В.І., Ткач Г.Ф. та ін. Макро- та мікроелементи (обмін, патологія та методи визначення): монографія. Суми: Вид-во СумДУ, 2010. 147 с.
19. Романюк А.М., Москаленко Ю.В. Морфологічні особливості становлення ендокринного компонента сім'яників щурів у ранньому постнатальному онтогенезі в умовах впливу сполук важких металів. Журнал клінічних та експериментальних медичних досліджень. 2014. № 2 (2). С. 224–236.
20. Рыболовлев Ю.Р., Рыболовлев Р.С. Дозирование веществ для млекопитающих по константе биологической активности. Журнал АМН СССР. 1979. Т. 247. № 6. С. 1513–1516.
21. К вопросу об иммунотоксическом действии соединений тяжелых металлов / В.А.Стежка, Н.Н. Дмитруха, Т.Н. Покровская Т.А. Билько, Е.Г. Лампека. Современные проблемы токсикологии. 2003. № 1. С. 32–33.
22. Толоконцев Н.А., Филова В.А. Основы общей промышленной токсикологии. Ленинград: Медицина, 1976. 303 с.
23. Цудзевич Б.О., Калінін І.В, Петрук Н.А. Антиоксидантна система в тканинах щурів за умов інтоксикації важкими металами. Сучасні проблеми токсикології. 2012. № 2. С. 36–39.

РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

УДК 338.48–6:502.51(477.54)(045)

РЕКРЕАЦІЙНИЙ ЕКОЛОГО-ТУРИСТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ДОЛИНИ РІЧКИ МЖА ЯК ТЕРИТОРІЇ МАЙБУТНЬОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

Пальчик О.О., Тетьоркіна В.А., Шепель І.М., Дехтярьова О.О., Чернікова Н.В.
Харківська гуманітарно-педагогічна академія
пров. Руставелі, 7, 61000, м. Харків
hgpa@kharkov.com

Наведено результати аналізу й оцінки рекреаційного еколого-туристичного потенціалу долини річки Мжа як території проектованого національного природного парку «Мжанський», який за компонентами природного середовища (унікальність, оригінальність, естетична привабливість) доцільно використовувати в рекреаційній діяльності. *Ключові слова:* рекреація, екотуризм, рекреаційний еколого-туристичний потенціал, рекреаційні ресурси.

Рекреационный эколого-туристический потенциал долины реки Мжа как территории будущего национального природного парка. Пальчик О.А., Тетеркина В.А., Шепель И.М., Дехтярева Е.А., Черникова Н.В. Изложены результаты анализа и оценки рекреационного эколого-туристического потенциала долины реки Мжа как территории проектируемого национального природного парка «Мжанский», который по компонентам природной среды (уникальность, оригинальность, эстетическая привлекательность) целесообразно использовать в рекреационной деятельности. *Ключевые слова:* рекреация, экотуризм, рекреационный эколого-туристический потенциал, рекреационные ресурсы.

Potential of recreational ecological tourist of Mzha River valley as the future national nature park. Palchyk O.O., Tetorkina V.A., Shepel I.M., Dekhtiarova O.O., Chernikova N.V. The results of the analysis and assessment of the recreational ecological and tourist potential of the Mzha River valley as the territory of the projected national nature park "Mzhansky" are described. It is expedient to use them in recreational activities in terms of the components of the natural environment (uniqueness, originality, aesthetic appeal). *Key words:* recreation, ecotourism, recreational eco-tourism potential, recreational resources.

Рекреація належить до вибіркового виду діяльності, яка стає необхідною умовою нормального життя людини для компенсації напруги, відновлення працездатності та продовження виробництва. Головне її завдання – відновлення фізичних та психічних сил кожного члена суспільства, всебічний розвиток його духовного світу.

Термін «рекреація» пов'язаний із терміном «екотуризм» ("ecotourism"), запропонованим 1980 р. мексиканським економістом-екологом Гектором Цебаллос-Ласкурейном (Hector Ceballos-Lascurain). На його думку, це поняття означає поєднання подорожі із дбайливим ставленням до природи і дозволяє поєднати радість знайомства і вивчення зразків флори і фауни з можливістю сприяти їх захисту [5].

Сьогодні екотуризм є багатогранним і міждисциплінарним поняттям, яке набуває статусу інтегрованого і включає галузі прикладного та теоретичного характеру. Екотуризм сьогодні – це комплексний, міждисциплінарний напрям, що взаємопов'язує інтереси туризму, охорони природи і культури. Екотуризм як явище характеризує кінець двадцятого століття та перспективи розвитку двадцять першого [9].

На думку Д. Каргалової, «екологічний туризм формує систему уявлень про цінності природних ресурсів, стимулює пізнавальну активність особистості, спонукає до оволодіння новими екологічними знаннями та їх використання з метою поліпшення стану навколишнього середовища» [4].

Об'єктами екотуризму можуть бути як природні, так і штучні елементи. Природні ресурси використовуються для задоволення економічних, соціальних та естетичних потреб за умови збереження культурної унікальності, найважливіших екологічних особливостей, розмаїття біологічних видів і життєво важливих систем [8].

Отже, екотуризм доцільно включити до системи екологічної освіти як один із прикладних компонентів. Його практична значущість реалізується у вихованні і формуванні духовно-моральної особистості. Водночас вирішальна роль екотуризму полягає у встановленні природовідповідних якостей людини. У процесі спілкування із природою вона починає усвідомлювати себе її частиною. Гармонія, яку людина відчуває, поєднуючись із природою, формує в її свідомості почуття любові, поваги, ощадливо-

сті щодо неї. Однак це поняття розроблене ще не достатньо [7].

На Заході рекреація є складовою частиною екотуризму. О. Альмухамедова звертає увагу на те, що формування мережі природоохоронних територій – це процес безперервний, пов'язаний із виявленням своєрідних і унікальних природних об'єктів, створенням природно-антропогенних систем, що виконують природоохоронні, рекреаційні чи інші, вельми значущі для людини, функції. Однак усвідомлене ставлення до цих територій не тільки фахівців, але й населення загалом залежить від ступеня інформованості про значущість, унікальність і вразливість цих об'єктів. Затребуваність цієї інформації багато в чому визначається еколого-туристичним потенціалом цих територій [1].

На думку Т. Ніколаєнко, рекреаційний потенціал територій треба розуміти як сукупність природних, культурно-історичних і соціально-економічних передумов для організації рекреаційної діяльності на певній території [6].

Рекреаційний потенціал передбачає наявність на території унікальних або принаймні цікавих не тільки для місцевих жителів об'єктів.

Н. Реймерс розуміє рекреаційний потенціал як один із показників природно-ресурсного потенціалу – ступінь здатності природної території позитивно впливати на фізичний, психічний і соціально-психологічний стан людини, пов'язаний з відпочинком [6].

На думку деяких авторів, природно-рекреаційний потенціал території являє собою сукупну можливість задоволення потреб духовного і фізичного розвитку суспільства і відтворення головної продуктивної сили – людини – шляхом раціонального використання властивостей і якостей природних ресурсів і об'єктів [2].

Рекреаційні ресурси – це компоненти природного середовища і феномен соціокультурного характеру, які завдяки особливим властивостям (унікальність, оригінальність, естетична привабливість, лікувально-оздоровча значущість) можуть бути використані для організації різних видів і форм рекреаційної діяльності. Для них характерні: контрастність зі звичним середовищем проживання людини в поєднанні природних і культурних середовищ. Рекреаційними ресурсами визнаються території, які відповідають двом критеріям: місце відрізняється від середовища проживання, звичного для людини; представлено поєднанням двох або більше природних середовищ.

Залежно від походження природні рекреаційні ресурси поділяються на фізичні, енергоінформаційні та біологічні [3].

До фізичних рекреаційних ресурсів належать всі компоненти неживої природи з фізико-географічними ресурсами: геологічні, геоморфологічні, кліматичні, гідрологічні, термальні. Енергоінформаційні рекреаційні ресурси являють собою поля ноосферної природи, що слугують чинниками атрактивності місцевості або ландшафту і позитивно впливають на психо-фізичний стан людини. Цей тип ресурсів є основою для розвитку культурного та релігійного туризму.

Біологічні рекреаційні ресурси розуміють як усі компоненти живої природи. Всі природні рекреаційні ресурси (фізичні, біологічні, енергоінформаційні) об'єднані між собою і непорушно пов'язані потоками речовини й енергії, формують комплексні рекреаційні ресурси природно-територіальних рекреаційних груп. На цій основі виділені геологічні, морфологічні, кліматичні й інші типи природних рекреаційних ресурсів. Кожен з яких має притаманні тільки йому ознаки, на основі яких виділяють можливість використання і ступінь атрактивності; лікувально-оздоровчі властивості й історичну унікальність; екологічні критерії.

Результати аналізу природно-рекреаційного потенціалу проектованого національного природного парку (далі – НПП) «Мжанський» свідчать про доцільність використання цієї території для екотуризму.

Матеріали та методи досліджень. Сьогодні є різні методики оцінки рекреаційного й екологічного потенціалу територій. Основою їх є визначення класифікаційних ознак оцінки еколого-туристичного потенціалу. Е. Котляров об'єднує їх у три групи:

1. Первинні, що охоплюють природні умови та ресурси (атрактивність елементів ландшафту, біорозмаїття, наявність крупних видів тварин, можливість відпочинку, сприятливі кліматичні умови).

2. Вторинні, що включають соціально-культурні умови та ресурси (наявність природних та історичних пам'яток, комфортність, тривалість подорожі тощо).

3. Лімітуючі умови (небезпечні природні явища, небезпечні й отруйні види тварин, паразитичні комахи, наявність отруйних рослин) [11].

Результати досліджень. Проектований національний парк «Мжанський» розташований у Харківському та Зміївському районах Харківської області уздовж річки Мжа від с. Мерефа до с. Зміїв. Територія НПП площею майже 3 000 га є ділянкою природної нагірної діброви, типового для Лівобережної України природного комплексу з характерним біоценозом рослин і тварин. На пісках переважають сухі і свіжі бори, в яких, крім сосни, трапляються береза, осика, рідше дуб, у підліску – бересклет, клен, рокитник, бузина й ін. На лівому березі р. Мжа широкою смугою розкинулися бори. Завдяки різноманітності екологічних умов на території парку склався складний комплекс борових фітоценозів – від сухих борів до суборів. У бору значні площі займають сосни, що сягають 100-річного віку.

Сосна (Pinus sylvestris) у сухих умовах здатна виростати високим і струнким деревом, утворюючи «корабельні ліси». Сосна як лікувальне дерево знезаражує повітря, розсіюючи в ньому фітонцидні леткі речовини.

Не випадково санаторії, будинки відпочинку, піонерські табори прагнуть розміщувати в соснових борах. Ефірні олії сосни, окислюючись, виділяють озон, який оздоровлює організм людини. Особливо цілющим таке повітря є для хворих на туберкульоз. Сприятлива дія кисню й озону поєднується з леткими виділеннями сосни, що мають сильні антимікробні властивості [10].

Трав'яний покрив сухих борів досить бідний і представлений як лісовими, так і степовими видами, з яких добре відомий злак зі специфічним приємним запахом чаполоч пахуча (Hierochloe odorata), цінні лікарські рослини зіновать руська (Chamaecytisus ruthenicus), цмин пісковий (Helichrysum arenarium), чебрець Маршаллів (Thymus marschallianus).

Завдяки лісорослинним умовам проектований НПП «Мжанський» є одним із типових природних комплексів Лівобережного Лісостепу.

Клімат тут помірно континентальний. Середні температури січня – приблизно –7°С, липня – +20°С. Атмосферних опадів випадає в середньому 500–550 мм/рік. Максимум їх зазвичай буває влітку, коли можливі зливові дощі. Радіаційний баланс за рік становить майже 38 кал/см^2. Вітри взимку переважають східні і південно-східні, а влітку – західні і північно-західні. Середньомісячна швидкість вітру в січні – 5,2 м/с, а в липні – 3,1 м/с, але бувають і бурі зі швидкістю понад 15 м/с. Живлення водойм переважає снігове, повені бувають навесні. Кількість річок, що мають довжину понад 10 км, – 18. Найбільша з них – р. Уди, довжина якої становить 164 км, площа водозбору – 3 894 км^2, середньорічний стік у с. Бабаї – 8,5 м^3/с.

Отже, характеристика природно-кліматичних ресурсів району дослідження підтверджує можливість їх використання як рекреаційних.

Дослідження видового різноманіття ссавців підтверджене реєстрацією 66 видів, що становить 50% теріофауни України. За літературними даними, протягом 20 років в Україні кількість видів зросла на 30,7%, тоді як в регіоні досліджень – на 37,5%, що свідчить про перспективність біологічних рекреаційних ресурсів досліджуваного національного парку.

Збільшення деяких видів останніми десятиліттями відбулося завдяки:

– привнесенню у фауну адвентивних видів;

– реакліматизації або розширенню ареалів видів;

– застосуванню генетичних методів у діагностиці видів-двійників;

– більш активному залученню до вивчення ссавців фахівців-біологів різних регіонів і галузей.

Збагачення теріофауни регіону досліджень відбулося завдяки 2-м видам ряду рукокрилих – нічниці Брандта (Myotis brandtii), нетопиру звичайному – виду-двійнику, який наприкінці XX ст. був поділений на такі різновиди: нетопир лісовий (Pipistrellus nathusii) і нетопир пігмей (Pipistrellus pygmaeus); завдяки 2-м видам ряду хижих – єнотовидному собаці (Nyctereutes procyonoides), американській норці (Neovison vison); 2-м видам ряду гризунів – ондатрі болотяній (Ondatra zibethicus), мишівці степовій (Sicista subtilis).

У дослідженому регіоні збіднення теріофауни сталося через зникнення 1-го виду ряду комахоїдних – хохуля (Desmana moschata); 2-х видів ряду зайцеподібних – степової пискухи (Ochotona pusilla), зайця-біляка (Lepus timidus); 4-х видів гризунів – крапчастого ховраха (Spermophilus suslicus), звичайного хом'яка (Cricetus cricetus), чорного пацюка (Rattus rattus), великого тушканчика (Allactaga major).

Розмаїття біотопів і багатий видовий склад рослинності створюють у природному парку ідеальні умови для розвитку унікального і різноманітного комплексу комах. Багато з них належать до категорії рідкісних видів і занесені до Червоної книги України, інші – до списку тварин, що потребують охорони на території Харківської області.

Передусім йдеться про великих, добре помітних метеликів. Останніми роками значно збільшили свою чисельність і стали практично звичайними мешканцями території проектованого парку махаони (Papilio machaon), подалірії (Iphiclides podalirius) і поліксени (Zerynthia polyxena) із сімейства Вітрильники.

З денних метеликів широко представлені німфаліди (Nymphalidae), сатири (Satyridae), синявці (Lycaenidae). Люцина (Hamearis lucina) – єдиний представник тропічної родини Ріодініди у фауні України й інші сім'ї родини булавоусих. Ще різноманітніший видовий склад нічних метеликів проектованого парку. У Червону книгу України занесені стрічкарка блакитна (Catocala fraxini) з родини совок, бражник дубовий (Marumba quercus), бражник прозерпіна (Proserpinus proserpina) і мертва голова (Acherontia atropos). Найбільший нічний метелик Європи – сатурнія велика (Saturnia pyri), сатурнія руда (Agliatau), ведмедиця-господиня (Callimorpha dominula), ведмедиця велика (Pericallia matronula) і багато інших видів.

На початку літа на старих дубах у парку часто трапляються охоронювані у всій Європі жуки-олені (Lucanus cervus). «Рогаті» самці цього виду є найбільшими представниками жуків нашої фауни. До рогачів також належать оленьок (Dorcus parallelopipedes), носоріг малий (Synodendron cylindricum) і рогач синій (Platycerus caraboides). Красотіл пахучий (Calosoma sycophanta), що полює в кронах дерев на волохату гусінь небезпечного шкідника лісів – непарного шовкопряда (Lymantria dispar), занесений до Червоної книги України, а його найближчий родич красотіл бронзовий (Calosoma inquisitor) – до списку рідкісних видів Харківської області.

Із червонокнижних видів жуків-вусачів (Cerambycidae) тут на дубах спорадично трапляється вусач-пурпуронадкрил Кеглера (Purpuricenus kaehleri), на вербах – вусач мускусний (Aromia moschata), а на суходільних луках – вусач-коренеїд хрестоносець (Dorcadion equestre). Також трапляється занесений до Червоної книги жук-самітник (Osmoderma barnabita), що належить до сімейства

пластинчастовусих жуків. Личинки цього дуже рідкісного жука розвиваються в гнилій деревині дупел плодових дерев. Останніми десятиріччями через скорочення чисельності жука-носорога (Oryctes nasicornis) рідкісними стали занесені до Червоної книги України найбільші оси Європи – сколії-гіганти (Megascolia maculata). Їх самки відкладають свої яйця в паралізованих личинках жуків-носорогів. Чисельність червонокнижних бджіл-теслярів (Xylocopa valga і X. violacea) у природному парку досить стабільна.

Орнітофауна проектованого НПП «Мжанський» типова для різновікової кленово-липової діброви на підвищеннях рельєфу. Найбільш багатий тваринний світ старовікових ділянок. Із групи птахів, які є осілими, трапляються синиці – блакитна (Parus caeruleus), болотяна (Parus palustris) і велика (Parus major); повзик (Citta europaea); строкаті дятли – великий (Dendrocopos major), середній (D. medius) і малий (D. minor); шпак звичайний (Sturnus vulgaris); ймовірна наявність сови сірої (Strix aluco). Зимує довгохвоста синиця (Aegitalos caudatus). З перелітних птахів, що з'являються навесні, першими пташиний хор починають дрозди – співочий (Turdus philomelos) і чорний (T. merula), пізніше до них приєднуються зяблик (Fringilla coelebs), звичайна вівсянка (Emberiza citrinella) та лісовий щеврик (Anthus silvestris). У лісовому буреломі гніздиться вільшанка (Erithacus rubecula). У молодих насадженнях і заростях кущів навесні оселяються кропив'янки (Sylvia), солов'ї (Luscini aluscinia), сорокопуди (Lanius collurio).

На території проектованого парку із класу ссавців трапляються горностай (Mustela erminea), ласка звичайна (Mustela nivalis), борсук (Meles meles), куниці – кам'яна (Martes foina) і лісова (Martes martes), лисиця (Vulpes vulpes), заєць-русак (Lepus europaeus). Звичайним видом у діброві є кріт європейський (Talpa europaea).

Лісовий комплекс ряду гризунів представлений такими видами, як білка звичайна (Sciurus vulgaris), соня лісова (Driomys nitedula), мишівка лісова (Sicista betulina), мишак лісовий (Sylvaemus sylvaticus), мишак уральський (Sylvaemus uralensis), нориця руда (Myodes glareolus), нориця підземна (Terricola subterraneus).

Представники ряду рукокрилих вивчені недостатньо. Завдяки організації парку дослідження можуть стати регулярними. Зараз можна припустити наявність таких видів, як нічниця ставкова (Myotis dasycneme), нічниця водяна (Myotis daubentonii), вечірниця руда (Nyctalus noctula), нетопир лісовий (Pipistrellus nathusii).

З копитних представлені кабан дикий (Sus scrofa) та сарни (Capreolus capreolus).

Крім природних комплексів, характерних для долини р. Мжа, на території, пропонованій для створення парку, розташовані історичні пам'ятки, які є туристичними об'єктами.

Територія, пропонована для створення національного природного парку, з давніх часів перебувала в центрі історичних і культурних подій. Великий і Малий мжанські бори деякий час були оборонним укріпленням – у XVII ст. тут пролягала засічна лінія – система оборонних споруд від навал кочівників. У с. Пролетарське Зміївського району на правому березі річки Мож розташований православний Казансько-Височинівский монастир. Чоловічий монастир Харківської єпархії заснований 1886 р. У монастирі із часу його відкриття перебувала чудотворна ікона Казанської Божої Матері, іменована Височинівською. У с. Соколове розташований меморіальний комплекс-музей, присвячений подіям березня 1943 р. Саме в цій місцевості прийняв бій чехословацький батальйон під командуванням Людвіга Свободи. У с. Репяхівка зберігся маєток дворян Балашових, у недалекому минулому частково відреставрований.

Висновки. Проектований природний парк «Мжанський» має всі компоненти природного середовища, які завдяки своїй унікальності, оригінальності, естетичній привабливості повинні бути використані для організації різних видів і форм рекреаційної діяльності.

Література

1. Альмухамедова О. Роль экотуризма в устойчивом развитии рекреации. Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 6 (143). С. 8–16.
2. Власова Е., Полякова Л. Рекреационные ресурсы, природно-рекреационный потенциал территории: сущность, особенности и функции. Известия Уральского государственного экономического университета. 2011. № 4 (36). С. 108–114.
3. Зайцев В., Ермаков С., Манучарян С. Рекреационные ресурсы – основа активного отдыха человека. Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 2011. № 3. С. 52–61.
4. Каргалова Д. Потенциал экологического туризма в развитии экологической культуры населения региона. Образование в интересах устойчивого развития: тезисы докладов и презентаций XV Международной конференции (Россия, Москва, 27–28 июня 2009 г.). Санкт-Петербург, 2009. С. 221.
5. Косолапов А. Теория и практика экологического туризма: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2005. С. 9.
6. Кусков А., Голубева В., Одинцова Т. Рекреационная география: учебно-метод. комплекс. М.: Изд-во МПСИ; Флинта, 2005.
7. Леонов В. Экотуризм как интегрированная основа экологического образования. Среднерусский вестник общественных наук: философия и проблемы гуманитарного знания. 2012. № 1. С. 21–23.
8. Пензина О. Возможности использования опыта ЕС по продвижению экологического продукта в российских условиях. Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 5. Вып. 3. 2008. С. 140.
9. Экологический туризм на пути в Россию. Принципы, рекомендации, российский и зарубежный опыт / ред.-сост.: Е. Ледовских, Н. Моралева, А. Дроздова. Тула, 2002. С. 82.
10. URL: http://www.kladovayalesa.ru/archives/336.
11. Котляров Е. География отдыха и туризма. Формирование и развитие территориальных рекреационных комплексов. М.: Мысль, 1978. 238 с.

ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОБЕЗПЕКИ

УДК 502.5:661.21

РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОНВЕРСІЇ ФОСФОРВМІСНОЇ СИРОВИНИ ПРИРОДНЬОГО ТА ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Пляцук Л.Д., Черниш Є.Ю., Яхненко О.М., Аблєєва І.Ю., Макаренко Н.О., Чубур В.С.
Сумський державний університет
вул. Римського-Корсакова, 2, 40000, м. Суми
e.chernish@ssu.edu.ua

У статті здійснено дослідження екологічно безпечних напрямів конверсії фосфорвмісної сировини для зниження рівня техногенної небезпеки від об'єктів хімічної промисловості. Розглянуто переваги та недоліки реалізації органо-біохімічних технологічних рішень переробки низькоякісної фосфатної сировини. Розроблено модель біохімічного напряму впровадження нових методів обробки первинного (фосфоритного) та вторинного (фосфогіпсового) сировинних ресурсів. Розроблено принципову схему процесу проведення біоконверсії фосфоровмісної сировини. *Ключові слова:* фосфорити, фосфогіпс, техногенна безпека, біохімічний підхід, мінімізація утворення твердих відходів, екологічно безпечне добриво.

Развитие экологически безопасных технологий конверсии фосфорсодержащего сырья. Пляцук Л.Д., Черныш Е.Ю., Яхненко Е.Н., Аблеева И.Ю., Макаренко Н.А., Чубур. В.С. В статье проведено исследование экологически безопасных направлений конверсии фосфорсодержащего сырья для снижения уровня техногенной опасности от объектов химической промышленности. Рассмотрены преимущества и недостатки реализации органо-биохимических технологических решений переработки низкокачественного фосфатного сырья. Разработана модель биохимического направления внедрения новых методов обработки первичного (фосфоритного) и вторичного (фосфогипсового) сырьевых ресурсов. Разработана принципиальная схема процесса проведения биоконверсии фосфорсодержащего сырья. *Ключевые слова:* фосфориты, фосфогипс, техногенная безопасность, биохимический подход, минимизация образования твердых отходов, экологически безопасное удобрение.

Development of environmentally safe technologies of conversion of phosphorus-containing raw materials. Pliatsuk L., Chernysh Ye., Yakhnenko O., Ablieieva I., Makarenko N., Chubur V. The article focused on study ecologically safe directions of the conversion of natural and technogenic phosphorus raw materials for the reduction of ecological danger from objects of the chemical industry. The organo-biochemical technological solutions for the processing of low-quality phosphate raw materials were studied. The model of the biochemical principles of the introduction of new methods for the of primary (phosphorite) and secondary (phosphogypsum) resources treatment was developed. *Key words:* phosphorite, phosphogypsum, technogenic safety, biochemical approach, minimization of solid waste formation, environmentally safe fertilizer

Постановка проблеми. Враховуючи об'єми вже накопиченого фосфогіпсу й такого, що утворюється, актуальною проблемою є не тільки його видалення, транспортування й зберігання у відвалах і шламонакопичувачах, але й визначення нових напрямів переробки фосфорної сировини для мінімізації утворення фосфогіпсу або його утворення як екологічно безпечного сировинного ресурсу.

Існує нагальна необхідність у розробленні та реалізації технічних рішень, які дадуть змогу здійснити екологічно безпечну переробку вітчизняної збідненої фосфатної сировини із застосуванням маловідходних або безвідходних технологій та сприятимуть розвитку біохімічного напряму переробки фосфогіпсу з отриманням екологічно безпечних добрив.

Актуальність дослідження. У використаних джерелах [1; 2] представлені дані для родовищ фосфоритів. У процесі фосфатизації утворюється континуум майже чистих порід карбонатного фторапатиту (CFA). На рис. 1 показано розподіл гірських порід із незначним процесом фосфатизації, з дрібними мінералами і домінуванням біогенних карбонатів, що призводить до формування збіднених фосфоритів. Багато необроблених зразків фосфоритів містять тільки CFA.

Україна має потужні родовища природних фосфоритів (близько 3,9 млрд т. P_2O_5), але вітчизняні фосфорити характеризуються низьким вмістом P_2O_5 (4–10 мас. %) (рис. 2), що значно ускладнює технологію одержання фосфорних добрив, призводить до низьких техніко-економічних показників виробництва [3; 4].

Відповідно, є нагальна необхідність розробки нових технологічних рішень переробки наявних запасів збідненої вітчизняної природної та техноген-

ної фосфоровмісної сировини, що і становить актуальність дослідження.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими і практичними завданнями полягає у визначенні екологічно безпечного напряму конверсії фосфоровмісної сировини для зниження техногенної небезпеки від об'єктів хімічної промисловості. Відповідно, робота спрямована на вирішення таких завдань дослідження: визначення напрямів вдосконалення наявних біохімічних рішень переробки фосфоровмісної сировини з отриманням екологічно безпечних добрив на принципах «маловідходності»; розроблення концептуальної моделі біохімічного напряму впровадження обробки первинного (фосфоритного) та вторинного (фосфогіпсового) ресурсів, розроблення принципової схеми процесу проведення біоконверсії фосфоровмісної сировини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Заміною традиційним методам виробництва фосфорних добрив є розвиток технологій, що використовують органічні кислоти та вугільну кислоту як альтернативу сильним мінеральним кислотам, як-от сірчана кислота.

Приведені дослідження [5] показали, що механохімічна активація апатиту при обробці вугільною кислотою проходить через стадію утворення добре розчинного гідрокарбонату кальцію (166 г / дм^3 при 20 ^{0}C):

$$Ca_{10}F_2(PO_4)_6тв + 3H_2CO_3 = 6CaHPO_4тв + +3Ca(HCO_3)_2р + CaF_2тв \quad (1).$$

При цьому значення pH = 5,17 розчинів солей вугільної кислоти може знаходиться в межах існування дикальцій фосфату, який є ефективним фосфорним добривом пролонгованої дії.

Фтор у кінцевому продукті перебуває у вигляді нерозчинного у воді CaF_2, що відповідає за складом природному мінералу фтору − флюориту, і може бути використаний при потребі, наприклад, як оптичний матеріал, для отримання фтору, фтороводню чи плавікової кислоти.

Джерелом вугільної кислоти можуть бути вуглець і його похідні, органічні відходи промисловості та сільського господарства, механічна обробка яких в присутності кисню повітря і каталізаторів призводить до утворення вугільної кислоти.

У природі будь-яка органічна речовина піддається біорозкладанню та перетворюється на вугільну кислоту, солі якої є основою живлення рослин. Технології отримання фосфорних добрив за рахунок розкладання фосфатної сировини вугільною кислотою, джерелом якої можуть бути органічні відходи, передбачають механохімічну обробку суміші, що дає змогу отримувати фосфорні добрива пролонгованої дії практично для будь-яких за кислотністю типів ґрунтів [5]. Але варто зазначити, що така обробка досить енергоємна та потребує хімічних каталізаторів і, як у традиційних рішеннях, актуальним залишається здійснення екологічної оцінки стадій процесу.

Відомо, що біотехнології переробки органічних відходів дають змогу як в анаеробних, так і в аеробних умовах здійснювати розкладання органічних відходів з утворенням летких жирних кислот та вуглекислого газу, що у рідкій фазі представлені вуглекислотою [6; 7]. У цьому напрямі перспективним є розвиток біохімічного процесу конверсії фосфатної сировини з отриманням фосфорних добрив, але нині цей напрям недостатньо вивчений та практично відсутні його науково-теоретичні та експериментальні обґрунтування.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим

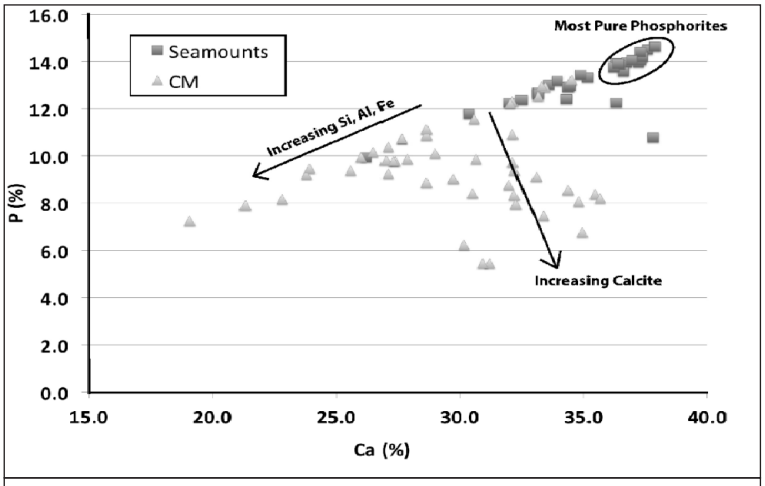


Рис. 1. Діаграма розсіювання фосфору і кальцію для підводних і континентальних родовищ фосфоритів. Стрілки показують відхилення від карбонатного фторапатитового кінцевого елемента (найчистішого фосфорита) зі збільшенням вмісту кальциту і детриту / аутогенного (Si, Al і Fe) [1]

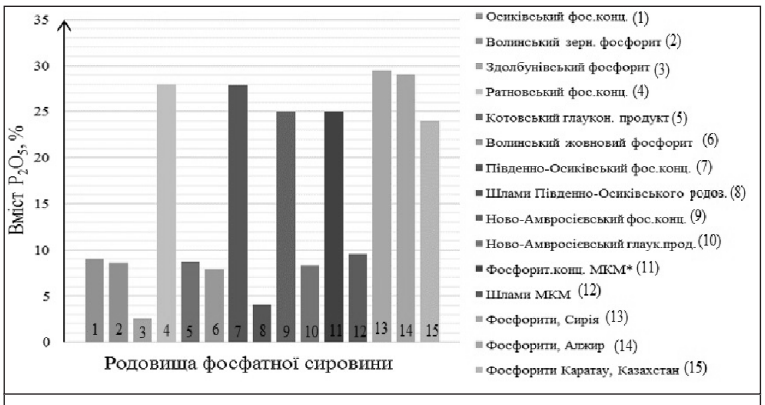


Рис. 2. Вміст фосфору в українських фосфоритах та фосфоритах закордонних родовищ (побудована за даними з джерел [3; 4])

присвячується означена стаття. Формування єдиної біохімічної концепції технологічних рішень утилізації природньої та техногенної фосфоровмісної сировини потребує досліджень ряду показників ефективності біохімічного розкладання компонентів такої сировини. При цьому є важливим вивчення видового складу мікроорганізмів, що утворюють консорціум, здатний вилучати фосфоровмісні речовини з субстрату, та раціоналізація співвідношення компонентів сировини, що піддається біоокисненню в аеробних умовах з оптимізацією технологічного режиму обробки.

Новизна. Здійснення розроблення концептуальної моделі біохімічного напряму впровадження технологій переробки первинного (фосфоритного) та вторинного (фосфогіпсового) ресурсів дасть змогу підвищити рівень екологічної безпечності фосфорних добрив та знизити рівень техногенного навантаження від об'єктів хімічної промисловості.

Методологічне (загальнонаукове) значення. Розроблення способів біовилуговування та біосорбції фосфатів, технологічних рішень процесу біоконверсії фосфоровмісної сировини, підбір та адаптація груп мікроорганізмів, здатних проводити вилучення фосфоровмісних сполук із природної та техногенної сировини дасть змогу відмовитися від використання сировини не місцевого походження (Алжир, Марокко), що містять значну кількість важких металів та радіоактивних елементів, та отримати екологічно чисті фосфоровмісні добрива і зменшити генерацію відходів у вигляді фосфогіпсу.

Виклад основного матеріалу. На наш погляд, у контексті розвитку єдиного підходу до проблеми генерації фосфогіпсових відвалів є актуальною реалізація технологічних рішень, які дають змогу здійснити екологічно безпечну переробку вітчизняної низькоякісної фосфатної сировини з мінімізацією утворення твердих відходів та розвиток біохімічного напряму переробки фосфогіпсу з утворенням корисних продуктів. Відповідно, нами було сформовано блок-схему біохімічних засад впровадження нових способів переробки первинного (фосфорити) і вторинного (фосфогіпс) ресурсів (рис. 3).

Селективне відновлення низькоякісних фосфатів може здійснюватися в два етапи. Перший етап заснований на «принципі біовилуговування», який застосовується досить широко для вилучення металів (наприклад, міді, цинку, урану тощо) в гірничодобувній промисловості [7; 8].

Принципова технологічна схема процесу біоокиснення фосфоровмісної сировини зображена на рис. 4.

За допомогою мікробної генерації сульфатної кислоти фосфатні похідні і важкі метали розчиняються протягом кількох годин. Тверда фаза, що залишається, відділяється від рідкої і може бути утилізована. На другій стадії фосфат селективно відділяють від важких металів (біосорбція). Надалі біомаса, збагачена фосфатом, відділяється від рідкої фази і може бути повернута в технологічний процес. Таким чином, цей процес має суттєві переваги (рис. 5) і дає змогу відновити до 90% вихідного фосфату [9].

Сполуки фосфору, що входять до складу мінералів, недоступні або слабо доступні рослинам. Але багато мікроорганізмів можуть переводити нерозчинні сполуки фосфорної кислоти в розчинний стан. До них належать представники бактерій, актиноміцетів, грибів та інших груп мікроорганізмів (роди Pseudomonas. Bacillus, Micrococcus, Mycobacterium, Penicillium, Aspergillus).

Розчинення фосфатів у ґрунті відбувається в результаті утворення вуглекислого газу або різних кислот. Вуглекислий газ CO_2, що утворився в процесах дихання і руйнування органічної речовини, в присутності води переходить у вуглекислоту, яка більш-менш швидко розчиняє нерозчинний фосфат:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2CO_2 + 2H_2O \rightarrow 2CaHPO_4 + Ca(HCO_3)_2 \quad (2).$$

Мобілізація нерозчинних сполук фосфору відбувається також завдяки утворенню мікроорганізмами органічних кислот і кетокислот при неповному окисленні вуглеводів або їх бродінні.

У деяких випадках розчиненню фосфатів сприяють азотна кислота, що утворюється нітрифікую-

Рис. 3. Біохімічний підхід до проблеми накопичення та утилізації відходів

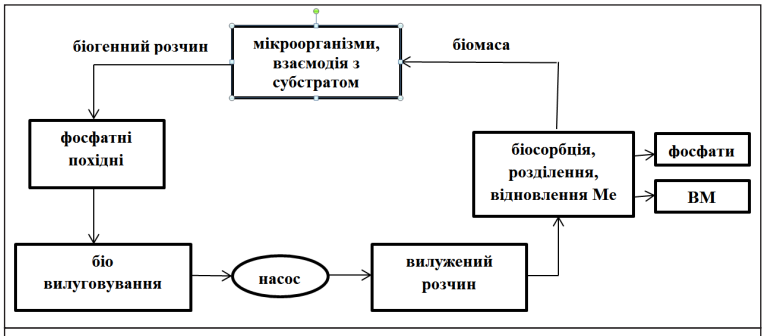


Рисунок 4. Технологічна схема процесу

чими бактеріями, і сірчана кислота, яка з'являється в результаті діяльності бактерій, що окиснюють сірку. Все це підвищує доступність фосфору для рослин.

На рис. 6 представлений аналіз еколого-трофічних груп мікроорганізмів, що беруть участь у процесах біовилуговування фосфатної сировини, який було здійснено за допомогою електронної бази даних Кіотської енциклопедії генів та геномів (KEGG).

У промисловості для інтенсифікації процесів біологічного окиснення або відновлення корисних елементів із мінеральних руд достатньо ефективно застосовуються методи, наведені на рис. 7.

У роботі [10] гетеротрофні солюбілізуючі фосфорізоляти були збагачені з концентрата фторапатиту, причому всі чотири ізоляти були найбільш тісно пов'язані з Burkholderiafungorum. Як джерело отримання енергії для утворення кислоти додавали додатково елементарну сірку.

При цьому використовувалися змішані і чисті ацидофільні бактеріальні культури, що складалися з залізо- і / або сірко окиснюючих бактерій Acidithiobacillus ferrooxidans, Acidithiobacillus thiooxidans і Leptospirillum ferrooxidans. Ці ацидофіли зазвичай використовуються для біовилуговування сульфідних мінералів, їх застосування для солюбілізації фосфору досі було обмеженим. Вихід біовилуговування фосфору становив до 97% і 28% для фторапатитової руди низького концентрату і концентрату відповідно в розчинах із вмістом твердої речовини 1%.

Варто зазначити, що до природних механізмів автокаталізу, то в просторі біореактора формується власна асоціація мікроорганізмів, що здійснює трансформацію вихідної сировини, і при цьому є висока вірогідність, що домінантним видом у цій асоціації буде не штучно інокульований штам, а природні види, що адаптувалися до змінених умов поживного середовища. Це явище, на наш погляд, можна обґрунтувати синергетичними закономірностями розвитку мікроекосистеми у просторі біореактора.

Відповідно, першочерговим завданням є не виділення високоактивних штамів, а дослідження синер-

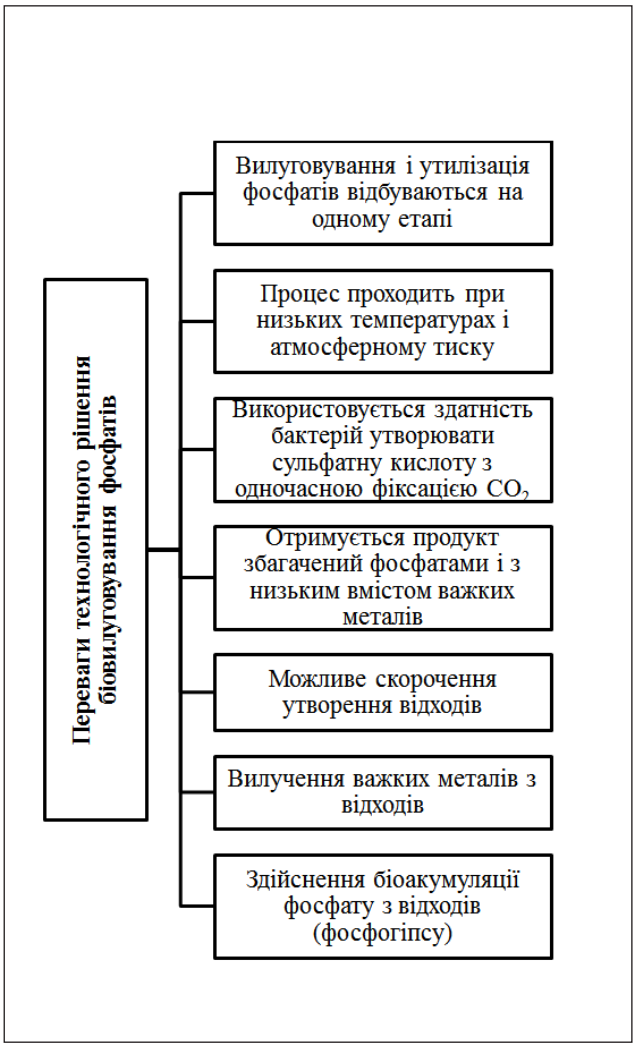


Рис. 5. Основні еколого-біохімічні аспекти переробки фосфатної сировини в процесі біохімічної конверсії

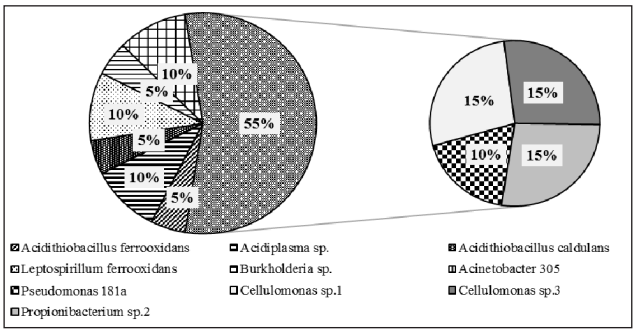


Рис. 6. Діаграма еколого-трофічних груп, задіяних у процесі біовилуговування

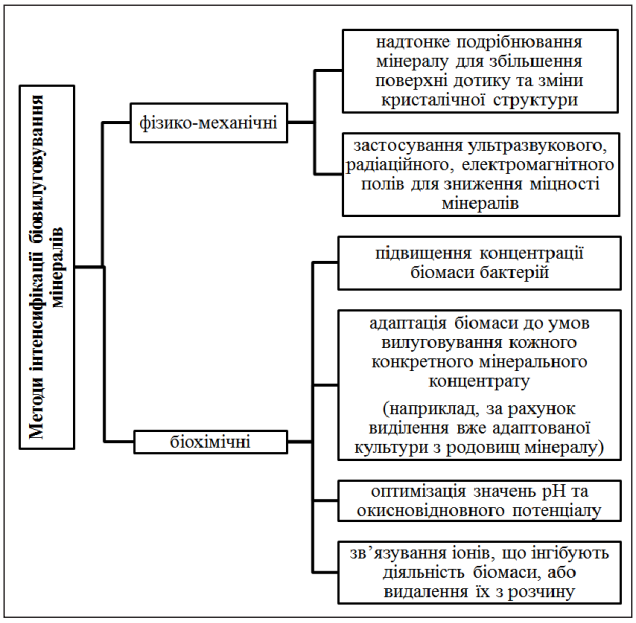


Рис. 7. Методи інтенсифікації процесів бактеріального окиснення та вилуговування мінералів

гетичних закономірностей домінантності видів мікроорганізмів, що задіяні в процесах біологічної конверсії мінералів та можуть бути присутні в симбіотичних відношеннях у мікробній асоціації, (що може містити як гетеротрофні, так і хемолітотрофні групи мікроорганізмів) у процесі біорозкладання фосфатної сировини разом з органічною речовиною в ацидофільних умовах, що має на меті залучення в промисловий процес екологічно безпечного виробництва фосфорних добрив фосфатну сировину з низьким вмістом фосфору.

Головні висновки. Використання органо-біохімічних технологічних рішень дасть змогу здійснити екологічно безпечну переробку вітчизняної низькоякісної фосфатної сировини з мінімізацією утворення твердих відходів та розвивати біохімічний напрям переробки фосфогіпсу з утворенням корисних продуктів, що є перспективним шляхом зниження техногенного навантаження на довкілля від підприємств хімічної промисловості. Відповідно, сформовано єдину біохімічну концепцію технологічних рішень утилізації природньої та техногенної фосфорвмісної сировини.

Здійснено розроблення принципової схеми процесу проведення біоконверсії фосфоровмісної сировини.

Селективне відновлення низькоякісних фосфатів може здійснюватися в 2 етапи: І етап – заснований на «принципі біовилуговування». За допомогою мікробної генерації сульфатної кислоти фосфатні похідні розчиняються протягом кількох годин. Тверда фаза, що залишилася, відділяється від рідкої і може бути утилізована. ІІ етап – фосфат селективно відділяють від важких металів (біосорбція). Надалі біомаса, збагачена фосфатом, відділяється від рідкої фази і може бути повернута в технологічний процес.

Література

1. Hein JR., Koschinsky A., Mikesell M., Mizell K., Glenn C.R., Wood R. Marine phosphorites as potential resources for heavy rare earth elements and yttrium. Minerals. 2016. № 6. P. 88.
2. Alsafasfeh A., Alagha L. Recovery of Phosphate Minerals from Plant Tailings Using Direct Froth Flotation. Minerals. 2017. № 7. P. 145.
3. Макаренко Н.А., Ліщук А.М., Буожис Г.О., Кавецька Т.В. Екотоксикологічна оцінка якості фосфоритів України. Агрохімія і грунтознавство. Зб. наук. пр. Інституту грунтознавства та агрохімії УААН.Харків,1998. С. 167–168.
4. Клименко Р.Н. Сравнительная характеристика сирийскогофосфорита – сырья фосфоросодержащих минеральных удобрений. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2010. Вип. 5/2010 (64). С. 159–162.
5. Дензанов Г.А., Павлик Е.Н. Экологически чистые технологи фосфорных удобрений. Збірник матеріалів ІІ-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. (Вінниця, 23–26 вересня 2009 р.). Вінниця, 2016. С. 361–365.
6. Дензанов Г.О., Петрук Г.Д. Ресурсозберігальна технологія біоковерсії природних фосфатів. Екологічний вісник. 2006. № 2. С. 25.
7. TaoH., Dongwei L. Presentation on mechanism sandapplications of chalcopyrite an pyrite bioleachingin biohydrometallurgy – apresentation. Bio-technology Reports. 2014. № 4. Pp. 107–119.
8. Niu J. et all. The shift of microbial communities and their roles in sulfur and iron cycling in a copper ore bioleaching system. Scientific Reports. 2016. № 6. Pp. 34–44.
9. P-bacprocess / FritzmeierUmwelttechnik. URL: http://fritzmeier-umwelttechnik.com/p-bac-process /?lang=en.
10. Priha O., Sarlin T., Blomberg P., Wendling L., Mäkinen J., Arnold M., Kinnunen P. Bioleaching phosphorus from fluorapatites with acidophilic bacteria. Hydrometallurgy. 2014. № 150. C. 269–275.

УДК 504.06

АНАЛІЗ МІЖНАРОДНИХ СИСТЕМ СЕРТИФІКАЦІЇ «ЗЕЛЕНОГО» БУДІВНИЦТВА

Дмитроченкова Е.І.
Київський національний університет будівництва та архітектури
пр. Повітрофлотський, 31, 03037, м. Київ
elladmitrochenkova@gmail.com

Надано визначення терміна «зелене» будівництво». Наведені системи сертифікації будівель, які використовуються в різних державах світу. Міжнародного характеру набули дві з них – BREEAM (Великобританія) і LEED (США). Аналіз критеріїв оцінювання об'єктів нерухомості цими системами сертифікації демонструє, що в основі європейський «зелених» стандартів розглядаються такі категорії, як енергоефективність, використання екологічно безпечних будівельних матеріалів, зручність розміщення ділянки забудови, комфорт для людей, які перебувають у приміщеннях. *Ключові слова:* «зелене» будівництво, системи сертифікації будівель, енергоефективність, екологічна безпека, BREEAM, LEED.

Анализ международных систем сертификации «зеленого» строительства. Дмитроченкова Э.И. Дано определение термина «зеленое» строительство». Приведенные системы сертификации зданий, используемые в различных странах мира. Международный характер получили две из них – BREEAM (Великобритания) и LEED (США). Анализ критериев оценки объектов недвижимости этими системами сертификации показывает, что в основе европейский «зеленых» стандартов рассматриваются такие категории, как энергоэффективность, использование экологически безопасных строительных материалов, удобство размещения участка застройки, комфорт для людей, находящихся в помещениях. *Ключевые слова:* «зеленое» строительство, системы сертификации зданий, энергоэффективность, экологическая безопасность, BREEAM, LEED.

Analysis of the international systems of certification of "green" construction. Dmytrochenkova E. A definition of the term "green" construction is given. The resulted systems of certification of the buildings are used in various countries of the world. International character was received by two of them – BREEAM (Great Britain) and LEED (USA). An analysis of the criteria for valuing real estate with these certification schemes shows that the basis for European "green" standards is considered such categories as energy efficiency, the use of environmentally friendly building materials, the convenience of locating the building site, comfort for people in the premises. *Key words:* "green" construction, building certification systems, energy efficiency, environmental safety, BREEAM, LEED.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку однією з найважливіших проблем України є проблема ефективного використання енергетичних ресурсів та екологічної безпеки. Громадські й житлові будинки після промислових будівель є другими за величиною споживачами енергоносіїв на території держави і, як наслідок, джерелами шкідливих надходжень в атмосферу [1].

Останні роки характеризуються розвитком досліджень в галузі «зеленого» будівництва – виду будівництва й експлуатації будівель, вплив яких на довкілля мінімальний. Сьогодні Україна робить перші кроки в цій галузі, які насамперед продиктовані економічною та енергетичною кризами. Метою «зеленого» будівництва є зниження рівня споживання енергетичних і матеріальних ресурсів протягом усього життєвого циклу будівлі – від вибору ділянки до проектування, будівництва, ремонту та зносу [2]. Основною метою зведення «зелених» будівель є скорочення негативного впливу забудови на довколишнє середовище і людину особисто завдяки ефективному використанню енергоносіїв, скороченню кількості викидів побутових відходів, викидів забруднюючих речовин та інше. Особливо актуальним у проектуванні й будівництві «зелених» будівель є використання відновлювальних джерел енергії, таких як вітрова, сонячна, геотермальна, в системах енергозабезпечення будівель. Це дасть змогу хоча б частково відмовитись від імпортованого природного газу і в такий спосіб суттєво знизити рівень забруднення навколишнього середовища [3].

Отож можна із впевненістю стверджувати, що «зелене» будівництво, рівень розвитку якого безпосередньо залежить від досягнень науки та технологій, формує певні «зелені» стандарти, які дають можливість перейти від традиційного проектування й будівництва будівель і споруд різного призначення до будівництва, яке базується на принципах безпечності та підтримання сприятливих для здоров'я людини умов життєдіяльності, а також мінімізації негативного впливу на природне середовище [4].

Впровадження стандартів «зеленого» будівництва стимулює розвиток бізнесу, інноваційних технологій і економіки, покращує якість життя суспільства. Ці стандарти є інструментом розумної економіки, оскільки дають змогу заощадити кошти на різних етапах зведення та експлуатації будівель [5]. Уже більшість держав впроваджує принципи «зеленого» будівництва в національні стандарти будівництва, а також стимулює сертифікацію будівель за «зеленими» стандартами.

Метою статті є аналіз існуючих систем сертифікації «зелених» будівель.

Виклад основного матеріалу. Одним із практичних інструментів еко-девелопменту є системи сертифікації або рейтингові системи для оцінки показників об'єкта нерухомості на етапах проектування, будівництва й експлуатації. Це оцінка рівня відповідності об'єкта певним стандартам, які дають змогу йому офіційно бути об'єктом «зеленого» будівництва, сертифікованим за однією з існуючих систем. Система сертифікації під час аналізу об'єкта враховує різні критерії, які дають можливість оцінити ресурсоефективність будівлі для забезпечення її відвідувачів відповідним рівнем комфортності та функціональності. До того ж рівень сертифіката, який видається, залежить від багатьох факторів, таких як якість внутрішнього середовища приміщень, технології та інновації, які використовуються під час будівництва, матеріали та інше. Градація сертифікатів дає змогу класифікувати та зіставляти будівлі за рівнем енергоефективності й екологічної безпеки.

Різні системи сертифікації застосовують як до нових, так і до вже існуючих будівель і поділяються на обов'язкові й добровільні. Серед добровільних можна виділити такі, більшість з яких мають національний характер: Великобританія – BREEAM; Сполучені Штати Америки – LEED / Living Building Challenge / Green Globes / Build it Green / NAHB NGBS / Міжнародні норми «зеленого будівництва» / ENERGY STAR; Німеччина – DGNB / CEPHEUS; Японія – CASBEE; Австралія – GREEN STAR / NABERS; Франція – HQE; Бразилія – AQUA / LEED Brazil; Канада – LEED Canada / Green Globes / Built Green Canada / BREEAM Canada; Китай – GBAS; Фінляндія – PromisE; Гонконг – HKBEAM; Індія – Індійська Рада «зеленого будівництва» (IGBC) / GRIHA; Індонезія – Рада «зеленого будівництва» Індонезії (GBCI) / Greenship; Італія – Protocollo Itaca / Рада «зеленого будівництва» Італії; Корея – KGBC; Малайзія – GBI Malaysia; Мексика – LEED Mexico; Чехія – SBToolCZ; Португалія – Lider A; Іспанія – VERDE / LEED; Швейцарія – Minergie [3].

Найбільш розповсюдженими системами сертифікації є BREEAM (Великобританія) і LEED (США).

Відповідно до цих стандартів оцінюються такі категорії:

– енергоефективність;

– раціональність споживання водних ресурсів;

– використання екологічно безпечних будівельних матеріалів;

– зручність розміщення ділянки (зручність використання громадського транспорту, наявність зелених зон, збереження відкритого простору);

– комфортне перебування людей (природне освітлення, температурний режим, «зелене управління» будівлею) [6].

Британська система сертифікації BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) – метод оцінки екологічної ефективності будівель, розроблений 1990 року компанією BRE Global. Система BREEAM може бути застосована як до нових, так і до вже існуючих об'єктів. Оцінка має такі критерії [7]:

– управління (управління організацією будівництва, управління будівлею після введення в експлуатацію та інше), максимум – 10 кредитів;

– енергія (скорочення викидів CO2, використання поновлюваних джерел енергії та інше), максимум – 21 кредит;

– водоефективність (використання «сірих» і дощових вод, лічильники, контроль витоку та інше), максимум – 6 кредитів;

– ефективне використання майданчика під забудову (облік екологічної цінності території, використання забруднених і порушених раніше земель та інше), максимум – 10 кредитів;

– здоров'я та екологічне благополуччя (природна вентиляція, комфортний тепловий режим та інше), максимум – 14 кредитів;

– транспорт (близькість до об'єктів соціальної інфраструктури, відповідна кількість машиномісць та інше), максимум – 10 кредитів;

– будівельні матеріали (сертифіковане джерело матеріалів, повторне використання та інше), максимум – 12 кредитів;

– утилізація відходів (утилізація побутового сміття, вивезення будівельного сміття та інше), максимум – 7 кредитів;

– забруднення навколишнього середовища (контроль викидів парникових газів, використання холодоагентів та інше), максимум – 12 кредитів;

– інновації, максимум – 10 кредитів.

Під час оцінювання об'єкта за кожною категорією він набирає відповідну кількість кредитів, після чого розраховується відсоток від максимального бала. Потім розрахунок балів відбувається з урахуванням вагових коефіцієнтів, які відображають актуальність аспекту в місті забудови, і сумуються в загальну оцінку.

Результати підсумкового рейтингового оцінювання системи сертифікації BREEAM наведені в таблиці 1 [7].

Таблиця 1

BREEAM рейтинг

Рейтинг	Підсумковий результат, бали
UNCLASSIFIED	<30
PASS	≥30
GOOD	≥45
VERY GOOD	≥55
EXCELLENT	≥70
OUTSTANDING	≥85

LEED включає набір із рейтингових систем для проектування, будівництва й експлуатації високопро-

дуктивних «зелених» будівель, будинків і мікрорайонів. Розроблена Радою із «зеленого» будівництва США (Green Building Council), LEED призначена для забезпечення швидкої ідентифікації та впровадження практичних рішень у галузі проектування «зелених» будівель, їх конструювання, експлуатації та технічного обслуговування.

Рейтингова система LEED сертифікації заохочує власників і утримувачів будівель до впровадження методів стійкого управління та зменшення впливу на навколишнє середовище шляхом вдосконалення важливих аспектів оперування будівель. LEED має 6 категорій, необхідні вимоги яких повинні бути виконані для того, щоб досягти навіть найнижчого рівня рейтингової системи [5]:

– «екологічно стійкі майданчики забудови» – максимально 14 балів. Вимоги Агенції з охорони навколишнього середовища США (EPA) включають контроль за ерозією ґрунту й підвищеними опадами. Додаткові бали нараховуються за вибір забудови в екологічно стійких районах, наявність транспорту, зменшення забудованих площ (для нових об'єктів), регулювання дощових потоків і зменшення заасфальтованих площ забудови, а також зменшення світлового навантаження на забудовані площі та його вплив на сусідні ділянки;

– «ефективність водних систем» – максимально 5 балів. Включає ефективний полив зелених насаджень, інноваційну очистку стічних вод і зменшення споживання води при експлуатації будівлі, використання дощової води та застосування технологій із низькою витратою води;

– «енергія і навколишнє середовище» – максимально 17 балів. Вимоги включають фундаментальний аудит, зменшення хлор-водневих холодильних агентів у холодильних установках і виконання мінімальних вимог стандарту ASHRAE 90.1-2004 з енергозбереження, оптимізацію енерговитрат у будівлі. Додаткові бали за цією категорією нараховуються за використання відновлюваних джерел енергії.

– «будівельні матеріали й ресурси» – максимально 13 балів. Включає зберігання, а також збір і транспортування сировини для повторної переробки, використання будівельних відходів, а також матеріалів, які швидко відновлюються (наприклад, бамбук), місцевих матеріалів, перероблених матеріалів, а також використання сертифікованого дерева;

– «якість внутрішнього середовища» – максимально 15 балів. Включає вимоги щодо контролю за палінням, а також виконання вимог стандарту ASHRAE 62.1-2004 «Вентиляція і прийняті норми щодо якості повітря всередині приміщень». Додаткові бали нараховуються за підвищення ефективності системи вентиляції, контроль за якістю повітря під час будівництва, використання матеріалів із низьким вмістом шкідливих домішок, встановлення контролю за викидами хімічних і шкідливих речовин в атмосферу, тепловий комфорт, удосконалення автоматичного управління системами опалення, збільшення використання природного освітлення.

– «інновації у процесі проектування». До 4 балів можна отримати за виключне виконання і перевищення основних вимог за системою LEED або за інноваційний підхід, котрий основні категорії зазвичай не враховує і не розглядає.

Залежно від кількості набраних кредитів об'єкта оцінки можуть бути присвоєні такі ранги, які наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

LEED рейтинг

Рейтинг	Підсумковий результат, бали
CERTIFIED	40-49
SILER	50-59
GOLD	60-79
PLATINUM	≥80

Основна відмінність між двома системами сертифікації полягає в методиці роботи експертів. BREEAM має підготовлених незалежних ліцензованих оцінювачів, які проводять оцінку даних за об'єктом, відштовхуючись від встановлених критеріїв за кожною з категорій. Далі відбувається підготовка звіту, що надсилається в дослідну організацію BRE, яка проводить валідацію оцінки й видає сертифікат.

У LEED беруть участь акредитовані професіонали, роль яких полягає в наданні допомоги клієнту зі збору вихідної інформації, а також в консультуванні. Ці дані потім надаються USGBC, який проводить оцінку й видає сертифікат.

Якщо проаналізувати результати впровадження міжнародних систем сертифікації в Україні, можна сказати, що за системою LEED сертифіковані дві будівлі – нова будівля посольства США в Києві (LEED Silver) та офіс компанії Shell (LEED Gold). Також два об'єкти нерухомості на території нашої держави мають сертифікат за міжнародною системою BREEAM. Це бізнес-центр «Астарта» в місті Києві та бізнес-центр «Оптіма Плаза» в м. Львові.

Висновки. Аналіз критеріїв оцінювання об'єктів нерухомості найбільшими системами сертифікації BREEAM (Великобританія) і LEED (США) демонструє, що в основі світових «зелених» стандартів розглядаються такі категорії, як енергоефективність, використання екологічно безпечних будівельних матеріалів, зручність розміщення ділянки забудови, комфорт для людей, які перебувають у приміщеннях. Ці системи можна розглядати як реальні засоби зменшення негативного впливу будівель і споруд на навколишнє середовище. Наявність «зелених» сертифікатів дасть змогу українським об'єктам більш впевнено конкурувати за іноземні інвестиції, тому що вже сьогодні більшість міжнародних інвесторів вимагають сертифікати LEED або BREEAM як гарантію надійності своїх вкладень.

Література

1. Доровольський В.В. Екологічний ризик: оцінка і управління. Миколаїв: Видавництво ЧДУ ім. П. Могили, 2010. 216 с.
2. Zaguskin N.N. "Zemlenoe" stroitel'stvo – osnovnoe napravlenie transformatsionnykh izmenenij investitsionno-stroitel'noj sfery ["Green" construction as the major direction of transformative changes in the investment and construction sphere]. Problemy sovremennoj ekonomiki [Problems of the modern economy]. 2013. № 4 (48). P. 314–319 (in Russian).
3. Клименко Л.П., Воскобойнікова Н.О. Аналіз систем сертифікації «зелених» будівель з точки зору оцінки ними екологічної безпеки. Наукові праці. Техногенна безпека. 2014. Т. 233. Вип. 221. С. 114–119.
4. Matrosov Yu.A. Zakonodatel'stvo i standartizatsiya Evropejskogo Soyuza po energoeffektivnosti zdanij [Legislation and standardization of the European Union on energy efficiency of buildings]. AVOK: Ventilyatsiya. Otoplenie. Konditsionirovanie [Community of Heating, Ventilation, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics: Ventilation. Heating. Conditioning]. 2003. № 8. P. 68–72 (in Russian).
5. Тимошенко Е.А., Савицкий Н.В. Перспективы сертификации жилых зданий по «зеленым» стандартам в Украине. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2016. №4 (217). С. 26–34.
6. Matrosov Yu.A. Energosberezhenie v zdaniyakh. Problema i puti ee resheniya [Energy conservation in buildings. The problem and its solutions]. Moscow: NIISF, 2008. 496 p. (in Russian).
7. Koryagina A. Sistemy sertifikatsii zelenogo stroitel'stva [Green building certification systems]. Commercial Property. 2011. № 2 (91). P. 44–47. (in Russian).

УДК 504. 5.054:635.1](477/46)

МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ РАДІОНУКЛІДАМИ ҐРУНТІВ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА ЇХ МІГРАЦІЯ В ОВОЧЕВУ ПРОДУКЦІЮ

Кухнюк О.В.
Уманський національний університет садівництва
вул. Інститутська, 1, 20300, м. Умань
oksana.kuh@ukr.net

Досліджено стан забруднення радіонуклідами ґрунтів Черкаської області та овочевої продукції, що вирощена на них. Запропоновано продовжити систематичне спостереження та контроль за рівнем радіоактивного забруднення ґрунту, овочів та картоплі з метою профілактики захворюваності та зменшення негативного впливу на здоров'я населення Черкащини. *Ключові слова:* забруднення, радіонукліди, ґрунт.

Мониторинг загрязнения радионуклидами почв Черкасской области и миграция их в овощную продукцию. Кухнюк О.В. Проведено исследование загрязнения радионуклидами почв Черкасской области и овощной продукции, выращенной на них. Рекомендовано продолжить наблюдение и контроль за уровнем загрязнения почвы с целью профилактики снижения содержания радионуклидов в овощах. *Ключевые слова:* загрязнение, радионуклиды, почва.

Monitoring of soil radionuclide contamination of Cherkasy region and its migration into vegetable production. Kukhniuk O. The article investigates the state of pollution of radionuclides of soils of Cherkasy region and vegetable products grown on them. It also indicates the necessity of the continuation of systematic monitoring and control over radioactive contamination of soil, vegetables and potatoes in order to prevent and reduce the negative impact on the health of the population of Cherkasy region. *Key words:* pollution, radionuclides, soil.

Постановка проблеми. Забезпечення населення якісними харчовими продуктами, у тому числі з мінімальним вмістом радіонуклідів, завжди було пріоритетом державної політики України. Особливого загострення проблема набула після трагічної Чорнобильської катастрофи 1986 року. Вибух та тривалий інтенсивний вихід широкого спектра радіонуклідів зумовили забруднення величезних територій Європи, але найбільшого радіоактивного забруднення зазнали території України, Білорусі та Росії.

Сільськогосподарські угіддя України займають більшу частину її території – 67,4% від загальної площі країни, або близько 407,1 тис. км^2, з яких майже 11 000 км^2 забруднені цезієм-137 вище 1 Кі/км^2 [1].

Радіоактивне забруднення Черкаської області після Чорнобильської трагедії складало 6180 км^2. Більшість викинутих радіонуклідів становили ізотопи йоду – 131, 132, 133, 135, барію та лантану-140, нептунію-239, які називають коротко існуючими. Вони практично зникли внаслідок природного розпаду протягом перших місяців після аварії. Сьогодні найбільшу небезпеку несуть так звані довгоіснуючі радіонукліди: цезій-137 (Cs–137), стронцій-90 (Sr–90) і трансуранові елементи [2].

У нашій області, де щільність Cs–137 складала від 1 до 5 Кі/км^2, під радіоактивне забруднення потрапили 103 населені пункти із 13 районів, у тому числі Канівський (с.Тростянець) та Черкаський (с.Кумейки). Дані населені пункти мали найвищий рівень радіоактивного забруднення у 1991-1992 рр. (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика вмісту Cs–137 (Кі/км^2) у ґрунтах Черкаської області

№ з/п	Район, селище	1991 р.	1992 р.	2017 р.
1.	Канівський			
	с. Тростянець	6,86	5,47	0
2.	Уманський			
	с. Ятранівка.	1,91	1,60	0
3.	Черкаський			
	с. Кумейки	2,71	2,71	0

Радіоекологічний моніторинг дозволяє контролювати рівень забруднення радіонуклідами води, повітря, ґрунтів, сільськогосподарської продукції, насамперед овочів та картоплі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Починаючи з 1991 року органами Держсанепідслужби щорічно проводились близько 20 тис. радіологічних досліджень води, ґрунту, повітря та продуктів харчування рослинного та тваринного походження. Зокрема кожного року було зроблено понад 7 тис. досліджень на вміст радіонуклідів у харчовій сировині рослинного походження: овочах, картоплі та баштанних [3].

Останнім часом у зв'язку з економічною кризою та реорганізацією санепідслужби у нашій країні кількість радіологічних досліджень зменшилась. Проте досить небезпечними радіонуклідами для рослинної

Таблиця 2

Вміст радіонуклідів в овочевій продукції (серпень – вересень 2017 рік)

№	ОВОЧІ, КАРТОПЛЯ	Черкаський район				Канівський район				Уманський район			
		Cs-137 Бк/кг		Sr-90 Бк/кг		Cs-137 Бк/кг		Sr-90 Бк/кг		Cs-137 Бк/кг		Sr-90 Бк/кг	
		фактично	норма	фактично	норма	фактично	норма	фактично	норма	фактично	норма	фактично	норма
1	Часник	2,6	40	0,62	20	2,71	40	0,65	20	-	-	-	20
2	Цибуля	2,7	40	0,48	20	2,5	40	0,44	20	2,52	40	0,63	20
3	Буряк	2,48	40	0,56	20	2,61	40	0,61	20	2,76	40	0,58	20
4	Морква	2,54	40	0,42	20	2,68	40	0,54	20	2,62	40	0,44	20
5	Капуста	2,83	40	0,46	20	3,0	40	0,6	20	2,91	40	0,59	20
6	Горох	2,42	40	0,63	20	2,72	40	0,7	20	3,1	40	0,61	20
7	Кабачки	2,8	40	0,49	20	2,9	40	0,53	20	2,84	40	0,57	20
8	Томати	2,1	40	0,44	20	2,51	40	0,55	20	2,14	40	0,56	20
9	Соя	3,2	40	0,92	20	4,0	40	0,94	20	3,7	40	0,82	20
10	Петрушка	2,6	40	0,51	20	2,7	40	0,56	20	2,9	40	0,66	20
11	Огірки	2,65	40	0,49	20	3,2	40	0,65	20	2,58	40	0,48	20
12	Перець	2,4	40	0,7	20	2,6	40	0,8	20	2,44	40	0,72	20
13	Баклажани	2,7	40	0,69	20	2,84	40	0,75	20	2,64	40	0,64	20
14	Соняшник	3,0	40	0,72	20	3,4	40	0,76	20	3,52	40	0,85	20
15	Картопля	2,09	60	0,49	20	2,54	60	0,63	20	3.2	60	0,72	20

Таблиця 3

Вміст радіонуклідів у ґрунті м. Умань у залежності від структури та глибини взяття проби

№	СТРУКТУРА ҐРУНТУ	ГЛИБИНА ҐРУНТУ, см	Концентрація радіонуклідів у ґрунті				
			Cs-137	K-40	Ra-226	Th-232	Нормативно-технічна документація на методи дослідження
1	гель	0–20	13,6	366	18	29	МВН 4/86 15-10-98
2	гель	20-40	15,9	594	29	48	МВН 4/86 15-10-98
3	гранули	0–20	2,5	315	-	20	МВН 4/86 15-10-98
4	гранули	20-40	3,5	715	-	28	МВН 4/86 15-10-98
5	таблетки	0–20	6,0	651	-	50	МВН 4/86 15-10-98
6	таблетки	20-40	3,2	343	-	26	МВН 4/86 15-10-98
7	контроль	0-20	4,7	345	-	33	МВН 4/86 15-10-98
8	контроль	20-40	3,9	288	-	27	МВН 4/86 15-10-98

продукції залишаються Cs–137 та Sr–90, в яку вони потрапляють переважно із забруднених ґрунтів [4].

Мета роботи – проаналізувати фактичні зміни, що сталися через забруднення радіонуклідами ґрунтів, овочів та картоплі Уманського, Канівського районів та міста Черкаси.

Методика досліджень. Радіологічні дослідження проводилися у радіологічній лабораторії ДУ «Черкаський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України» за допомогою спектрометрів. Спектрометр – прилад, призначений для ідентифікації γ-випромінюючих радіонуклідів і визначення їх питомої активності (або відносного вмісту) у досліджуваному зразку по спектру зовнішнього γ-випромінювання. Даний прилад дозволяє проводити спектрометричні дослідження, виміри та використовується для контролю вмісту радіонуклідів у навколишньому середовищі (ґрунті, воді, сільськогосподарській продукції та ін.). Визначення вмісту цезію-137 (Cs–137) проводилося на спектрометрі енергії γ-випромінювання СЕГ-001 «АКП-С», а стронцію-90 (Sr–90) – на спектрометрі β-випромінювання СЕБ-01.

Результати досліджень. За результатами радіоекологічного моніторингу протягом останнього десятиріччя можна зробити висновок, що концентрації Cs–137 і Sr–90 у харчовій сировині та продуктах споживання місцевого виробництва стабілізувались і становлять 1-5 Бк/кг/л по CS-137 і до 1Бк/кг/л по Sr–90. Такі рівні забруднення є у 10-100 разів нижчими від нормативних величин. Ця тенденція не змінилася і нині [5].

У 2017 році за результатами радіоекологічних досліджень рослинних продуктів харчування, які здійснені ДУ «Черкаський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України» встановлено, що серед 708 санітарно-хімічних досліджень, на овочі та картоплю припадає понад 100. З даних результатів можна зробити висновок, що в харчових продуктах на території області концентрація Cs-137 та Sr-90 не перевищує показників, регламентованих гігієнічним нормативом «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів Cs-137 і Sr-90 у продуктах харчування та питній воді». З 37 проб овочевої продукції та картоплі, що проведені на вміст Cs-137 і Sr-90 перевищень не виявлено (табл. 2) [5].

Не зареєстровано також перевищень гігієнічних нормативів у ґрунтах, взятих для спостереження з районів Черкащини: Канівського, Уманського та Черкаського (табл. 3) [3; 4].

Результати даних підтверджують загальну тенденціюстабілізаціїосновнихрадіонуклідівуґрунтахтаовочевій продукції, а фактичні показники на 20-100 рівнів нижчі нормативних [6; 7]. Дані цих таблиць також свідчать про нерівномірність вмісту радіонуклідів у залежності від структури ґрунтів та глибини взяття проби. Досліджено, що більш високий вміст радіонуклідів спостерігається у ґрунтах більш високої структурної організації та на більшій глибині.

Висновки. Результати досліджень показали, що рівень забруднення радіонуклідами ґрунту та овочевих культур не перевищує допустимих норм і фактично є меншим у 20-100 разів порівняно з 90-ми роками минулого століття.

Досліджено, що рівень забруднення радіонуклідами залежить від структури ґрунтів, глибини взяття проби та інших факторів, зокрема pH, агротехніки.

Позитивним є той факт, що показники вмісту радіонуклідів за останні десятиліття є стабільними і притаманні всім районам області. Враховуючи кумулятивні властивості окремих радіонуклідів, дана проблема повинна залишатися у центрі уваги державних органів.

Література

1. Іванов Є.А. Радіоекологічні дослідження: навч. посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. 149 с.
2. Мащенко М.П., Мечов Д.С., Мурашко В.О. Радіаційна гігієна. Х., 1999. 326 с.
3. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення Черкаської області. Щорічна доповідь 2010 р. / за редакцією В.В. Самотуги, Черкаси, 2010. 94 с.
4. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
5. Звіт про роботу з контролю за факторами навколишнього середовища, що впливають на стан здоров'я людини. Форма № 71, Черкаси, 2017. 35 с.
6. Дозиметрическая паспортизация населенных пунктов УССР, подвергшихся радиоактивному загрязнению после Чернобыльской аварии. К., 1991. 94 с.
7. Дозиметрическая паспортизация населенных пунктов Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению после Чернобыльской аварии. Сборник 2. К., 1992. 50 с.

UDC 351.82:330.341.1

ENVIRONMENTAL POLICIES OF THE EUROPEAN UNION AS A ROADMAP FOR MODERN UKRAINE

Yakymenko I., Salavor O., Shapovalov E.
National University of Food Technologies,
68, Volodymyrska str., 01601, Kyiv
iyakymen@gmail.com

Studying of the European Union policies and best practices in environmental protection is both significantly important and challenging for Ukrainian audience because environmental protection is a critical issue for modern Ukraine due to long-term destructive legacy of soviet/colonial period. Answering to this challenge, the Department of Environmental Science at the National University of Food Technologies introduced Jean Monnet Module on Environmental Protection in the EU under the grant support of European Union Erasmus+ Programme. The Jean Monnet Module addresses to better understanding of European policy and effective practices for environmental protection and sustainability. The Module comprises university teaching courses on European tools, policies and best practices in environmental protection for Master's students in Environmental Science, and in Food Technologies, and summer schools for policy-makers, representatives of NGOs, industry experts, and the public. *Key words:* Erasmus+, Jean Monnet Project, the European Union, environmental protection, environmental policies, university teaching course, summer school.

Екологічна політика Європейського Союзу як дороговказ для сучасної України. Якименко І.Л., Салавор О.М., Шаповалов Є.Б. Вивчення успішного досвіду Європейського Союзу у царині екологічної політики та кращих практик із захисту довкілля є надзвичайно важливим та водночас амбітним завданням для української аудиторії. Належний захист навколишнього середовища є критично важливим питанням для сучасної України з огляду на важкий спадок радянської колоніальної історії. У відповідь на ці виклики кафедра екології та збалансованого природокористування Національного університету харчових технологій запровадила проект Жан Моне Модуль із вивчення захисту навколишнього середовища в Європейському Союзі за грантової підтримки програми Європейського Союзу Еразмус+. Проект призначений покращити розуміння європейської політики і ефективних практик у галузі охорони навколишнього середовища та стійкого розвитку ЄС. Модуль включає в себе розроблення та викладання навчального курсу «Інструменти, політика та кращі практики щодо захисту довкілля у Європейському Союзі» для студентів-магістрів з екології, а також із харчових технологій та проведення літніх шкіл для політиків, експертів та громадськості. *Ключові слова:* Еразмус+, Проект Жан Моне, Європейський Союз, захист навколишнього середовища, екологічна політика, університетський курс, літня школа.

Экологическая политика Европейского союза как дорожная карта для современной Украины. Якименко И.Л., Салавор О.М., Шаповалов Е.Б. Изучение успешного опыта Европейского Союза в области политики и лучших практик защиты окружающей среды является очень важным и одновременно амбициозным заданием для украинской аудитории. Надлежащая защита окружающей среды является критически важным вопросом для современной Украины в силу тяжелого наследия советского колониального прошлого. В ответ на эти вызовы кафедра экологии и рационального природопользования Национального университета пищевых технологий внедрила проект Жан Моне Модуль по изучению защиты окружающей среды в Европейском Союзе при грантовой поддержке программы Европейского Союза Эразмус+. Жан Моне Модуль призван улучшить понимание европейской политики и лучших практик защиты окружающей среды и устойчивого развития Европейского Союза. Модуль включает разработку и внедрение учебного курса «Инструменты, политика и лучшие практики защиты окружающей среды в Европейском Союзе» для студентов-магистров по специальностям «экология» и «пищевые технологии», а также проведение летних школ для политиков, экспертов и общественности. *Ключевые слова:* Эразмус+, проект Жана Моне, Европейский Союз, защита окружающей среды, экологическая политика, университетский курс, летняя школа.

Progress of the European Union in sustainable development, including effective environmental protection is a great example to follow for modern Ukraine struggling with terrible environmental legacy of recent colonial history. This poses significant challenges for higher education and policy-makers' awareness in Ukraine. Being geographically part of Europe, Ukraine still has a hard burden of unsolved economic and environmental problems from the soviet times. And the challenge of the current moment is to change this situation radically. It is important to note, that Ukraine plays an important role in ensuring environmental sustainability in Europe. The Chernobyl catastrophe with its long-term disturbing impacts on ecosystems and public health all over Europe is just one of the examples that environmental issues have no borders indeed [1].

According to Ukraine–European Union Association Agreement, Ukraine has to adopt 29 EU Directives and Regulations on environmental protection. This will bring Ukraine closer to the EU living standards and significantly

improve national environmental policy and practices, and will promote solving of long-term Ukrainian problems in environmental protection. The Jean Monnet Module at the Department of Environmental Science of the National University of Food Technologies addresses to better understanding of European policy and effective practices for environmental protection and sustainability. The Module comprises university teaching course on European tools, policies and best practices in environmental protection for Master's students in Environmental Science, and in Food Technologies, and summer school for policy-makers, representatives of NGOs, industry experts, and the public. Thus, the Module includes teaching course (40 hs for each academic group) and two summer schools 18 hs each, and will comprise 356 contact hours and cover about 420 students/learners during 3-year period.

The Module aims at highlighting positive examples of European environmental policies and practices for sustainable development from an interdisciplinary perspective. The main outputs of the Module are an increase of awareness of learners in key aspects of EU environmental policies effectiveness and challenges, and transformation of this knowledge into practical approaches for effective environmental protection in Ukraine.

This Jean Monnet Module is one of the very first European studies at the National University of Food Technologies, and will prepare future professionals in environmental protection and in food technologies to effective implementation of best European practices into transforming economy of Ukraine. Also, summer schools will promote the dissemination of knowledge on European policies and best practices into policy-maker bodies and NGOs in Ukraine. The public has an access to added value of the Module through the free online course and through the website of the project (http://eco-pro.nuft.edu.ua).

One of the Module's added values is developing and modernizing the curricula on European studies through cooperation of researchers from Ukraine and the European Union and thus providing learners with relevant knowledge for effective transforming of national economy. Also, the Module has a specific focus on the EU governance in sustainable development which is particularly important for Ukrainian auditory.

The Module will improve the teaching contents of Master's program in Environmental Sciences and in Food Technologies at the National University of Food Technologies and seriously contribute to the extension of awareness on European environmental policies and best practices among teaching staff, young researchers, students, policy-makers, industry experts, and the public through the university courses, summer schools, and online presentation of the Module.

The activities will stimulate excellence in teaching and reflection in European integration on Environmental Studies as it will be accompanied with active debating activities which can improve dissemination of ideas and new approaches. It can strengthen the regional role of National University of Food Technologies in initiating open debates on actual issues of European environmental policy for global sustainability and will give a chance to extend the scope of European integration studies within the university.

The Jean Monnet Module will stimulate both Ukrainian university teachers and students in studying and reflection of EU environmental policy and mechanisms of its effective implementation for providing sustainable development of the country. The activities of the Module equip students and young professionals with knowledge on European experience of preserving, protecting, and rehabilitating the quality of the environment, rationale utilization of national resources, and waste management. Thus, it is fostering the introduction of the European Union approaches into environmental policy and practices in Ukraine. The multidisciplinary character of the Module is promoting European research and teaching experience with regard to environmental policy instruments, eco-innovations, implementation of green recovery measures in the EU. Close collaboration of the Module team with European colleagues through mutual participation in research and teaching activities will promote transfer of first-hand experience and practical knowledge, and prepare local academics and young researchers for independent management of the future European studies.

The Module will have strong impact on Master's Students in Environmental Science and in Food Technology at the National University of Food Technologies as one of the target groups through their acquaintance with modern environmental policy and best practices of member states. The students can evaluate and compare supranational environmental strategies of the EU, experience of individual member states, including new ones, and environmental challenges for Ukraine. The realization of two university courses for Master's students in term of the project will promote future young professionals' understanding of the EU principles and practices of environmental protection, and foster them to conquer in transforming economy of Ukraine. Thus, the Module will contribute into prospects of effective transformation of Ukraine into modern European country.

Two summer schools on tools, policies and best practices for environmental protection in the EU in term of the Module address to reach the other important target group – policy-makers, industry experts, and representatives of non-government organizations. Participation of all members of the Module team, including experienced European expert, in these activities will promote effective dissemination of European approaches into real sectors of policy and economy of Ukraine. During the summer schools, it is planned to run round tables with participation of key policy-makers of environmental protection in Ukraine on different dimensions of European environmental policy and its challenges for Ukraine.

The Module involves young researchers into European studies. Particularly, we are carrying out research on comparison of environmental policies and effective approaches in environmental protection in member states and Ukraine. This will result in peer reviewed publications of Module team.

Further dissemination of the project outcomes among interested experts and the general public can be reached through the running of website of the Module and free online course (http://ecopro.nuft.edu.ua).

Teaching team of the Project includes four members with different but relevant backgrounds and experiences:

– Dr. Igor Yakymenko, Professor of Environmental Science at the Department of Environmental Science of the National University of Food Technologies (NUFT), Kyiv, Ukraine, PhD and DrSc in Biological Science. He has a long-term research and teaching experience in the assessment of environmental risks of anthropogenic activities, including environmental impacts of the Chernobyl catastrophe. During the last years, Prof. Yakymenko has been studying and teaching environmental aspects of sustainable development, national and European environmental policies [2−4]. As a Jean Monnet Module coordinator, Prof. Yakymenko coordinates a successful fulfillment of the project by all team members, takes part in elaboration, implementation and teaching of lecture courses and summer schools, participates in project website running and online course implementation. Prof. Yakymenko coordinates research activities in term of the project as well;

– Dr. Oksana Salavor, Associate Professor of Environmental Science at the Department of Environmental Science of NUFT, PhD in Technical Science. Her main expertise is environmental management and environmental control of food technologies' processes [5; 6]. As a Jean Monnet Module team member, Dr. Salavor is concentrated in research and teaching on the European Union policy and best practices on control of industrial pollution of the environment. She also contributes significantly in coordination of cooperation between Module team and non-academic parties, policy-makers, industry experts, the public during the project realization, particularly during the summer schools;

– Dr. Katerina Sebkova, Director of the National Centre of Toxic Compounds and of the Stockholm Convention Regional Centre for capacity building at the Research Centre for Toxic Compounds in the Environment (RECETOX), Masaryk University, Brno, Czech Republic, PhD in applied organic chemistry and PhD in organic catalysis. She is a high-level expert in research related to contamination of the environment; international cooperation within the European Union and Central and Eastern European countries [7, 8]. Dr. Sebkova is an active participant of international negotiations, cooperation, international projects, development aid, capacity building and training in environmental issues. As a Jean Monnet Module team member, Dr. Sebkova makes a significant contribution in development of university courses and especially in successful realization of summer schools for Ukrainian policy-makers and industry experts due to her first-hand experience in international cooperation on environmental protection in the EU;

– Yevgeniy Shapovalov, PhD student in Biotechnology at the Department of Environmental Science of NUFT, MS in Environmental Science and MA in Enterprise Economy, a research associate at the Department of Creative Education of the National Centre Junior Academy of Sciences of Ukraine. One of his current research interests is modern digital / IT approaches in education processes optimization [10; 11]. Yevgeniy is an active participant of students' extracurricular research activity and is a leader of the environmental inter-university student community. As a Jean Monnet Module team member, Shapovalov is participating in elaboration and teaching of seminars on the best environmental practices in the EU, including digital analysis and IT monitoring of the environment. Also, Shapovalov is responsible for creating and moderation of website of the project, and will contribute into online course creating and running.

According to the timetable, the project started at September 2016. The autumn semester 2016 was devoted to elaboration of detailed syllabus of the university course and program of the summer school. The university course was started in spring semester 2017, the first summer schools had place in June 2017. (See materials of the teaching course and the summer school presentations on the project website http://ecopro.nuft.edu.ua/teachingm.php)

In the first academic year of the project (2016/17) we reached two academic groups of Master's students in Environmental Science in term of the Module course. During the next academic years we will teach at least four academic groups of Master's students. As the teaching course is an introductory into the environmental policy and practices of the EU, the same syllabus will be used for Environmental Science and Food Technologies.

The university teaching course addresses key elements of European environmental policy, including the EU's strategy for sustainable development [12]. The course covers air and water pollution control, waste management, resource efficiency, climate change, renewable energies in the EU, and integration of environmental protection into other policies [13-17]. The course also comprises the international dimension, with the role of the EU in international environmental negotiations and the impact of European policies on the other regions all over the world. The course is interdisciplinary, with a focus on integration of environmental policy requirements into other policy areas. The course is carried in 20 hours of lectures and 20 hours of seminars. The lectures are given to the students of particular faculty altogether (up to 120 students), the seminars are carried in each academic group separately (up to 30 students). Thus, the course covers 40 contact hours (20 hours of lectures + 20 hours of seminars).

For dissemination of the Module in non-academic environment, during the first and third years of the project, we plan to carry out summer schools for non-academic learners (law-makers, industry experts, and the public). The member team from the EU, Dr K. Sebkova will participate in both summer schools and will give open lectures for university students at the end of the courses, which will bring a lot to the value of the course due to her first-hand experience in European environmental protection.

The Summer School comprises 18 contact hours of study, combining different study formats: lectures, presentations, discussions and round tables.

The following issues are covered:

• modern principles and tools of the European environmental policy implementation;

• general and sectoral environmental legislation of the EU (air, water, waste management);

• wildlife and biodiversity protection programs of the EU;

• the best practices in environmental protection in the member states;

• principles of the EU environmental policy for sustainable development strategy;

• comparative analysis of the environmental legislation of the EU and Ukraine;

• approximation of Ukrainian environmental legislation to European standards.

The further dissemination of the Module is promoted through the website and online presentation of the project. Y. Shapovalov contributes his knowledge and skills in this part of the project. As well the research on comparison of the EU and Ukrainian environmental legislation and best practices will result in peer-reviewed publications on the issue.

Conclusions. We believe that effective implementation of the current Jean Monnet Module activities under the grant support of the European Union Erasmus+ programme will significantly contribute in awareness of Ukrainian students, academics, professionals, civil servants and the public in the European Union environmental policies and best practices and will promote better environmental management in Ukraine.

References

1. Sidorik E, Yakymenko I. A Brief Review on Animal Research and Human Health Effects Following the Chornobyl Accident. Radiation emergency medicine. 2013. № 2. Pp. 5−13.
2. Yakymenko I. Sustainable development strategy: European dimension. Kyiv: NUFT, 2017. 79 p.
3. Yakymenko I, Baranovskiy M, Saluk A. Concept of sustainable development. Guidelines for Master's students in Environmental Science. Kyiv, NUFT. 2015. 16 p.
4. Chekhun, V., Yakymenko, I., Sidorik, E., Tsybulin, O. Current state of international and national public safety limits for radiofrequency radiation. Scientific Journal of the Ministry of Health of Ukraine. 2014. № 1. Pp. 40−46.
5. Salavor O, Nychyk O. Management of environmental activities. Kyiv: NUFT, 2012: 71 p.
6. Salavor O, Nychyk O, Togachinska O. Regulation of anthropogenic load on the natural environment. Kyiv: NUFT, 2015. 75 p.
7. Gregor J, Hůlek R, Jarkovský J, Borůvková J, Kalina J, Šebková K, Schwarz D, Klánová J, Dušek L. Tools for Collection, Analysis and Visualization of Data from the Stockholm Convention Global Monitoring Plan on Persistent Organic Pollutants. Environmental Software Systems. Fostering Information Sharing. V. 413 of the series IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2013. Pp. 222−229.
8. Hůlek H, Jarkovský J, Kubásek M, Gregor J, Hřebíček J, Dušek L, Klánová J, Šebková K, Borůvková J, Holoubek I. GENASIS System Architecture on the Way from Environmental Data Repository towards a Research Infrastructure. Environmental Software Systems. Fostering Information Sharing. IFIP AICT V. 413. Heidelberg: Springer, 2013. Pp. 230−239.
9. Jarkovský J, Dušek L, Kubásek M, Hůlek R, Gregor J, Hřebíček J, Klánová J, Šebková K, Borůvková J. GENASIS: On-Line Data Browser for Environmental Monitoring and Associated Information Systems. Environmental Software Systems. Fostering Information Sharing. V. 413 of the series IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2013. Pp. 253−261.
10. Chernetskyy I., Pashchenko Y., Atamas A., Shapovalov Y. Use of information instruments for structuring and visualization of scientific knowledge during the preliminary study. Scientific Notes of Minor Academy of Sciences of Ukraine. 2015. 7. Pp. 20−28.
11. Strizhak O., Chernetskyy I., Shapovalov Y., Shapovalov V. Potential use of ontologo-analytical graphs. Scientific Notes of Minor Academy of Sciences of Ukraine. 2015. 7. Pp. 13−20.
12. Yakymenko I., Salavor O., Shapovalov E. Environmental policies of the European Union: Guidelines for Master students in Environmental Science and in Environmental Protection Technologies. K.: NUFT, 2017. 23 p.
13. Mainstreaming sustainable development into EU policies: 2009 Review of the European Union Strategy for Sustainable Development. Brussels, 24.7.2009. COM (2009) 400 final.
14. Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Brussels, 3.3.2010. COM (2010) 2020.
15. Roadmap to a Resource Efficient Europe. Brussels, 20.9.2011. COM (2011) 571 final.
16. On the Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industrial Policy Action Plan. Brussels, 16.7.2008. COM (2008) 397 final.
17. Decision No 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Union Environment Action Programme to 2020 'Living well, within the limits of our planet".

УДК 502/504.06:504.87

ФУНГІЦИДИ В ПРАКТИЦІ ЗАХИСТУ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД МІКРОПОШКОДЖЕНЬ

Перебинос А.Р., Кривомаз Т.І.
Київський національний університет будівництва та архітектури
Повітрофлотський проспект, 31, 03037, Київ
alenaperebinos@gmail.com

У статті наведено основні технічні характеристики хімічних речовин у складі антисептиків. Перелік провідних біоцидних речовин включає неорганічні борвмісні сполуки й органічні сполуки, що використовуються в будівельній галузі. *Ключові слова:* деревина, біологічні агенти, антисептик, фунгіцид, біоцид.

Фунгициды в практике защиты деревянных строительных конструкций от микроповреждений. Перебинос А.Р., Кривомаз Т.И. В статье приведены основные технические характеристики химических веществ в составе антисептиков. Перечень ведущих биоцидных веществ включает неорганические борсодержащие соединения и органические соединения, которые используются в строительной отрасли. *Ключевые слова:* древесина, биологические агенты, антисептик, фунгицид, биоцид.

Fungicides in the protection practice of wooden structures from mycodamage. Perebynos A., Kryvomaz T. The main technical characteristics for chemical substances that are part of antiseptics are given. The list of leading biocidal substances is established. The characteristics of the basic antiseptic substances used in the construction industry for protection from biological destructive agents are described. *Key words:* wood, biological agents, antiseptic, fungicide, biocide.

Постановка проблеми. В умовах кризи навколишнього середовища, в тому числі зміни клімату, в господарську діяльність держава впроваджується екобудівництво. Будівлі вважаються енергоефективними, якщо для їх спорудження використовують будівельні матеріали, що відповідають стандартам екологічної економіки. Одним із напрямів екобудівництва є створення так званих «пасивних» будинків з мінімізацією використання енергії в процесі експлуатації. Це можливо за рахунок використання в спорудженні будівель ізоляційних матеріалів з деревних композитів, оптимізації конструкцій вікон, дверей з урахуванням тепловологісного стану навколишнього середовища та впровадження схем їх монтажу, які виключають теплові мости тощо. Системи оцінювання екологічних будівель, що ґрунтуються на життєвому циклі матеріалів, сприяють ефективному використанню деревини. Одночасно заміна деревиною в будівельній галузі бетону, пластмаси, сталі спричиняє скорочення викидів, що утворюються під час спалювання викопних видів палива, і значних витрат енергії в процесі виробництва цих матеріалів. У кінці життєвого циклу вироби з масивної деревини можуть стати сировиною для виготовлення деревостружкових композитів або спалені для одержання біоенергії [1].

Актуальність дослідження. Отже, сьогодні лісоматеріал позиціонується як природна відновлювальна сировина з великим будівельним потенціалом під час упровадження технологій екологічного будівництва в господарську діяльність прогресивних країн. Проте варто враховувати, що деревина як органічний матеріал може пошкоджуватись біологічними агентами (гриби, комахи, водорості, лишайники тощо), мати високий рівень займистості. Найпоширенішим способом біо– чи вогнезахисту в будівельній промисловості є використання хімічних речовин, так званих антисептиків чи антипіренів відповідно.

Виклад основного матеріалу. Мета дослідження – характеристика найпоширеніших хімічних речовин і сполук, що використовуються як фунгіцидні препарати в будівництві, і їх оцінювання для екологічної безпеки.

Характеристика захисних препаратів

До хімічних засобів захисту деревини належать антисептики або біоциди (речовини та їх суміші, що підвищують стійкість деревини до цвілевих, деревофарбуючих і дереворуйнівних грибів, а також до комах), антипірени (речовини та їх суміші, що знижують горючість деревини, а також здатність до тління) і вогнебіозахисні препарати (володіють властивостями комплексної дії). Антисептики, призначені для захисту деревини від пошкодження біологічними агентами руйнування (грибами, жуками, термітами тощо), повинні мати певну токсичність відносно них. Дія антисептиків переважно зводиться до руйнування ензиматичної системи організмів, що пошкоджують деревину. Гриби, на які впливає антисептик, не зможуть виділяти відповідні

ензими, за допомогою яких вони розкладають целюлозу або лігнін деревини й харчуються продуктами розкладання в процесі її життєдіяльності. Стосовно комах, то антисептики є отрутами, що діють на системи травлення, дихання чи нервову систему. У всіх випадках гриби й комахи гинуть або їхня життєдіяльність гальмується на термін служби виробів з деревини [2].

Токсичність антисептиків визначається в лабораторії шляхом біологічних випробувань, ц ході яких зразки деревини зазнають впливу певних видів грибів. Ступінь токсичності антисептиків характеризується їх пороговим поглинанням (R95,%), яке виражається відсотковим співвідношенням маси введеного в деревину антисептика до маси абсолютно сухої деревини [3].

Антисептики залежно від біологічного агента, на який спрямована дія, поділяються на фунгіциди, що захищають від мікологічних організмів (гриби), інсектициди – діють проти комах, і біоциди, що мають широкий спектр дії. Антисептичні препарати повинні відповідати таким технічним вимогам:

– висока захисна здатність (захист від дереворуйнівних і деревофарбуючих грибів не менше ніж 2 місяці);

– стійкість до атмосферних впливів;

– неспроможність забарвлювати деревину та спричиняти корозію металів;

– не підвищувати гігроскопічність і горючість деревини;

– відсутність різкого запаху;

– легко та глибоко проникати в капілярно-пористу структуру як сухої, так і вологої деревини (на глибину не менше ніж 0,5 мм), надійно фіксуватися в ній без негативного впливу на фізико-механічні властивості деревини;

– добре розчинятись у воді, не мати осаду;

– бути безпечними для процесу просочування деревини за відсутності шкідливих відходів і можливості регенерувати відходи;

– бути стійкими при зберіганні, розчини антисептиків повинні залишатися стабільними в процесі просочування;

– не випаровуватися з виділенням шкідливих речовин і містити в собі хром, миш'як, ртуть, фтор, пентахлорфенол і його солі, антисептичні масла, що містять канцероген бензо-α-пірен [2, с. 4–7].

Усі фунгіцидні препарати й засоби розроблені на основі дослідження нових ефективних речовин з урахуванням їх безпечного застосування та досягнення максимальної ефективності. Це передусім пов'язано з істотним посиленням вимог до безпеки захисних засобів. Численні дослідження, присвячені аналізу впливу антисептиків на здоров'я людини й навколишнє середовище, призвели до відмови від використання найбільш ефективних груп консервантів, які довгий час переважали на ринку захисних засобів для деревини. Найбільш яскравим прикладом є застосування хром– і миш'яковмісних фунгіцидів, оскільки саме ці речовини донедавна використовувались найчастіше для довгострокового захисту деревини [4].

Сьогодні, відповідно до Директиви 98/8/ЄС [8], хром дозволений до використання тільки як фіксуюча добавка у вигляді трьохокису хрому (CrO3), проте не може застосовуватися як самостійний фунгіцид. Директива також значно обмежила сферу застосування миш'яковмісних засобів. Використання ж інших високоефективних консервантів – ртуті, фтору, пентахлорфенолу і його солей, органічних сполук (наприклад, трибутилтиноксиду), а також антисептичних масел, що містять канцероген бензо-α-пірен, призупинено вже наприкінці XX століття через небезпеку, яку вони становлять для здоров'я людей та екології.

Оральна летальна доза (LD50) антисептиків, дозволених до застосування, перевищує 500 мг/кг, причому ці речовини не повинні чинити канцерогенного й мутагенного ефекту. Сучасним жорстким екологічним вимогам найбільше відповідають такі групи антисептиків: які містять бор-речовини, карбонати, неорганічні сполуки міді, нафтанати й цитрати міді, модифіковані кріазотні масла, що не містять у своєму складі бензо-α-пірен, ізотіозолони, N-органодіазеніум-діоксиди металів, четвертинні амонієві сполуки, сульфаміди, триазоли [4].

Неорганічні фунгіцидні препарати

Неорганічні фунгіциди, що містять бор, до яких належать борна кислота, тетраборат натрію, октаборат натрію, борати цинку й деякі інші, традиційно використовуються для захисту деревини, експлуатованої всередині приміщень. Вони забезпечують захист від пошкодження приміщення дереворуйнівними грибами та комахами, а також істотно знижують горючість деревини. Зазвичай борати застосовуються у вигляді водних розчинів. Основною перевагою неорганічних борвмісних засобів є їх низька токсичність відносно людини й нешкідливість для навколишнього середовища [4]. Неорганічні водорозчинні антисептики характеризуються значною токсичністю до грибів і комах і легко випаровуються з деревини. Їх застосовують для просочування деревини в закритих приміщеннях і приготування антисептичних паст [9]. У таблиці 1 представлено узагальнену характеристику речовин, які будуть описані.

Борна кислота в будівельній практиці частіше використовується як антипірен, але також володіє властивостями антисептика. Вона являє собою білі кристали, що нагадують лусочки, помірно розчиняється в воді, викликає слабку корозію металів, майже не підвищує гігроскопічність деревини, при нагріванні розплавляється в склоподібну масу [2, с. 11].

Тетраборат натрію (бура) належить до ефективних антипіренів, якому притаманні також властивості антисептика. Речовина являє собою білу кристалічну

негігроскопічну сіль; розчинність її у воді при 20°С становить 5,0%, при 80°С – 31,4%. Бура спричиняє незначну корозію металів і порівняно з іншими антипіренами в дуже малою мірою підвищує гігроскопічність деревини. У чистому вигляді не застосовується, але входить до складу антисептичних, антипіренних і біовогнезахисних препаратів [2, с. 11].

Кремнійфторид амонію – білий або сіруватий порошок, без запаху, має високу токсичність, добре розчиняється у воді, але легко вимивається з деревини й викликає корозію металів. Застосовується у вигляді 5–10% розчину, а також у вигляді сухої солі для приготування антисептичних паст. Використовується для захисту лісоматеріалів від ураження синявою [2, с. 9].

Дихромат натрію – кристалічна сіль червоно-помаранчевого кольору, добре розчинна у воді. Речовина помірно токсична для біоруйнівників, у людей і теплокровних викликає місцеві подразнення шкіри і слизових, а також володіє загальнотоксичною дією. У деревині за наявності лігніну утворюються нерозчинні у воді сполуки; у чистому вигляді не застосовується. Входить до складу препаратів, що містять солі фтору, міді, цинку, миш'яку [2].

Кремнійфторид натрію – білий або сірий порошок, без запаху, що отримується з відходів супер-

Таблиця 1

Узагальнена характеристика найпоширеніших речовин, що мають фунгіцидні властивості

Назва	Хімічна формула	Характеристика	Розчинність		Корозія металів	Токсичність
			у воді, %	в органічних розчинниках		
Неорганічні біоциди						
Борна кислота	H_3BO_3	Безбарвні або білі кристали	д. р.	Метиловий спирт	Слабка	Низька
Тетраборат натрію (бура)	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	Безбарвний порошок	д. р.	-	Слабка	Низька
Кремнійфто рид амонію	$(NH_4)_2SiF_6$	Безбарвний порошок	18,0	-	Висока	Висока
Дихромат натрію	$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$	Помаранчево-червоні кристали	238	-	Слабка	Середня
Кремнійфто рид натрію	Na_2SiF_6	Безбарвний порошок	0,7	-	-	-
Фторид натрію	NaF	-	4,3	-	Слабка	Низька
Сульфат міді (мідний купорос)	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Блакитні кристали	16	Метиловий, етиловий спирти	Висока	-
Органічні біоциди						
Нафтенат міді	$Cu(C_6H_9O_2)_2$	В'язка масляниста паста темно-зеленого кольору, $T_{пл}$=132-133°С	н. р.	д. р.	-	Середня
Пентахлор фенол	C_6Cl_5OH	$T_{пл}$=190–191°С	0,002	Метиловий спирт, етиловий спирт, граничні вуглеводні	-	Висока
Антисептичні оливи						
Кам'яновугільна олива	-	Фракція кам'яновугільної смоли	-	-	Слабка	Висока
Антраценова олива	-	-	-	-	Слабка	Висока
Сланцева олива	-	Рідина темно-коричневого або чорного кольору	-	-	Слабка	Висока

р. – розчиняється; д. р. – добре розчиняється; сл. р. – слабко розчиняється; н. р. – не розчиняється

фосфатного виробництва, більш дешевий, ніж фтористий натрій, але дуже слабо розчинний у воді (в холодній воді розчинність становить 0,65%, в гарячій – 2,4%). Застосовується переважно в багатокомпонентних антисептиках і для виготовлення антисептичних паст [2, с. 9, 10, 11].

Фторид натрію – порошок білого або світло-сірого кольору, нелеткий, без запаху, не забарвлює деревину, не викликає корозії металів, легко проникає в деревину. Важко розчиняється у воді (гранична розчинність у гарячій воді становить 3,5–4%), але легко вимивається з деревини. Найбільш широко застосовується для захисту деревини в будівництві, оскільки ця речовина характеризується високим рівнем токсичності проти грибів і комах. Є одним із найпоширеніших водорозчинних антисептиків і застосовується у вигляді 3–4% розчину для просочення деревини в конструкціях, призначених для важких умов експлуатації [2, с. 19].

Сульфат міді, або мідний купорос, кристалічна сіль світло-синього або блакитного кольору, має слабку токсичність відносно грибів, але характеризується високою ефективністю проти комах, особливо мурах і термітів. Сіль добре розчиняється у воді, але легко вимивається ґрунтовими водами, що містять амонієві солі, викликає корозію металів [2, с. 10].

Органічні фунгіцидні препарати

Органічні неолійні антисептики (динітрофенолят натрію, пентахлорфенол, пентахлорфенолят натрію, оксидифеніл технічний, оксидифенолят натрію, нафтенат міді) характеризуються високою токсичністю відносно грибів і комах, стійкістю до вимивання, але мають неприємний запах, фарбують деревину та є отруйними для людини. Розчиняються в гасі, мазуті, дизпаливі і смолах. Із загостренням екологічної ситуації застосування антисептиків на основі хлорфенольних сполук обмежується в усьому світі. Установлено, що в разі потрапляння пентахлорфенолята натрію у воду можливе масове знищення риби, забруднення ґрунтових вод, а внаслідок спалювання утворюється високотоксична отрута – діоксан [9].

Пентахлорфенол – кристалічна речовина жовтувато-сірого кольору з бузковим відтінком; має високу токсичність до дереворуйнівних грибів, комах і древоточців, хімічно досить інертний, нелеткий, у воді практично не розчиняється, внаслідок чого стійкий до вимивання з деревини. Пентахлорфенол добре розчинний у багатьох органічних розчинниках нафтового походження й в оліях; застосовується у вигляді 3–5% розчину.

Нафтенат міді являє собою в'язку масу зеленого кольору; високотоксичний до дереворуйнівних грибів і комах. Розчинний в оліях та органічних розчинниках; застосовується у вигляді 5–10% розчинів, у воді практично не розчиняється; хімічно інертний, має низьку летючість; підвищує гідрофобність деревини [2].

Антисептичні оливи – це певні органічні сполуки, які мають високу токсичність до біоруйнівників. До таких олив належать *кам'яновугільна просочувальна олива* (фракція кам'яновугільної смоли, що отримується при високотемпературному коксуванні (800–1000°С) кам'яного вугілля), *антраценова просочувальна олива* (продукт кристалізації антраценової фракції кам'яновугільної смоли) та *сланцева просочувальна олива* (рідина темно-коричневого або чорного кольору з неприємним запахом, що складається з суміші фракцій сланцевих смол і продуктів їх переробки, одержуваних при термічній, генераторній і камерній переробці горючих сланців). Кам'яновугільна та антраценова просочувальні оливи є дуже отруйними антисептиками щодо всіх біоруйнівників деревини. Сланцева олива застосовується для просочення деревини в суміші з кам'яновугільною оливою й у чистому вигляді. За токсичністю поступається кам'яновугільній оливі, але при добавленні до сланцевої оливи пантахлорфенола або нафтена міді її токсичність підвищується й вона прирівнюється за якістю до кам'яновугільної. Загалом просочувальні оливи є негігроскопічними, не спричинюють корозії металів, не вимиваються з деревини; не знижують її міцності. Однак мають низку суттєвих недоліків: різкий неприємний стійкий запах, фарбують деревину в бурий колір, у початковий період експлуатації підвищують горючість деревини. У наш час стоїть питання про заборону використання олив у зв'язку з виявленням у складі випарів із просоченої ними деревини канцерогенних речовин [2, с. 9, 11].

Полігуанідинові біоциди

Поліалкіленгуанідини (далі – ПАГи) – унікальні нетоксичні полімери з широким спектром біоцидної активності, що за хімічною природою належать до високомолекулярних катіонних ПАР. ПАГи володіють широким спектром антимікробної, антивірусної, фунгіцидної, пестицидної й альгіцидної дії, низькою токсичністю і корозійною активністю, довго зберігаються без втрати бактерицидних властивостей і, найголовніше, мають пролонговану бактерицидну дію, оскільки утворюють на обробленій поверхні найтоншу полімерну плівку, що забезпечує тривалий захист поверхні від атаки мікроорганізмів.

Сьогодні механізм дії ПАГів (препарати на основі гуанідину) на мікроорганізми проявляється так:

• гуанідинові полікатіони адсорбуються на негативно зарядженій поверхні бактеріальної клітини, блокуючи тим самим дихання, харчування, транспорт метаболітів через клітинну стінку бактерій (цей ефект залежить від величини іонного заряду полікатіону);

• макромолекули ПАГ дифундують через стінку клітини, викликаючи незворотні структурні пошкодження на рівні цитоплазматичної мембрани, нуклеотиду, цитоплазми (цей процес залежить від величини поверхневої активності, ліпофільності,

розчинності у воді, молекулярного об'єму дифундуючої частки);

• ПАГи зв'язуються з кислотними фосфоліпідами, білками мембрани цитоплазми, що призводить до її розриву (цей ефект залежить від концентрації й молекулярної маси антисептика);

• результатом цього є блокада гліколітичних ферментів дихальної системи, втрата патогенних властивостей і загибель мікробної клітини [12–14].

Головні висновки. З огляду на викладене вище, можемо підсумувати таке:

1. У зв'язку з поширенням принципів екобудівництва, деревина як будівельний матеріал відновлює свої позиції як один із найпопулярніших будівельних матеріалів, при цьому питання про захист лісоматеріалу від біологічних руйнівників виходить на перший план.

2. Антисептичні речовини за хімічною структурою поділяються на неорганічні, органічні біоциди та просочувальні оливи.

3. Полігуанідин є перспективними для практичного використання біоцидним препаратом, але недостатньо дослідженим з погляду дії на навколишнє середовище та здоров'я людини.

4. Серед найбільш екобезпечних методів захисту будівельних матеріалів і конструкцій від впливу біологічного руйнування визначено застосування захисних конструктивних рішень на стадії проектування будівель і профілактичні заходи проти біопошкоджень під час експлуатації.

Література

1. Пінчевська О.О. Актуальні напрями розвитку деревообробної промисловості в Україні / Національний університет водного господарства та природокористування. URL: http://goo. gl/POLbG0.
2. Расев А.И., Косарин А.А., Краснухина Л.П. Технология и оборудование защитной обработки древесины: учебник / под ред. А.И. Расева. Москва: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. 171 с.
3. Калиньш А.Я. Консервирование древесины: учебное пособие для вузов. Москва: Гослесбумиздат, 1962. 145 с.
4. Мазаник Н.В. Современные биозащитные средства для древесины Труды БГТУ / Белорусский государственный технологический университет. 2011. № 2. С. 181–184.
5. Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учебное пособие. Москва: Форум, 2010. 416 с.
6. Консервирование и защита лесоматериалов: справочник / А.Я. Калиньш и др. Москва: Лесн. пром-сть, 1971. 424 с.
7. ГОСТ 30495-1997 Средства защитные для древесины. Общин технические условия. Введен 01.01.1998. Москва: Изд-во стандартов, 1997. 9 с.
8. Про розміщення біоцидних продуктів на ринку: Директива 98/8/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 16 лютого 1998 року.
9. Гаврилюк Л.А., Озарків І.М. Аналіз складів антисептиків для просочування чорнових меблевих заготовок. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. Вип. 23.3. С. 180–185. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu_2013_23.
10. Голышин Н.М. Фунгициды. Москва: Колос, 1993. 319 с.
11. Никитин М.К., Мельникова Е.П. Химия в реставрации: Справ. изд. Ленинград: Химия, 1990. 304 с.
12. Комохов П.Г. Защита зданий и сооружений от биоповреждений биоцидными препаратами на основе гуанидина / под ред. П.Г. Комохова, В.Т. Ерофеева, Г.Е. Афиногенова. Санкт-Петербург: Наука, 2009. 192 с.
13. Гембицкий П.А., Волынцева И.И. Полимерный биоцидный препарат полигексаметиленгуанидин. Запорожье: Полиграф, 1988. 44 с.
14. Лисиця А.В. Механізми бактерицидної дії полігексаметиленгуанідину. Наукові доповіді НУБіП. 2011. № 3(25). URL: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2011_3/11lav.pdf.

БІБЛІОГРАФІЯ

Навчальний посібник «Основні засади впровадження моделі «зеленої» економіки в Україні» (Т.П. Галушкіна та ін.)

ISBN 978-966-916-455-1

Розробляли посібник колектив авторів: Т.П. Галушкіна, Л.А. Мусіна, В.Г. Потапенко, О.А. Машков, С.І. Курикін

Посібник підготовлено з метою посилення рівня екологічних знань та інформування держслужбовців і фахівців, що займаються проблемами охорони довкілля. Посібник містить огляд нормативно-методичної основи природоохоронного та екологічного законодавства України і ЄС, міжнародних та національних доповідей, експертних оцінок, монографічних та громадських видань, присвячених актуалізації проблеми «зеленого» зростання в глобальному та національному вимірі.

Довідник у запитаннях та відповідях «На шляху зеленої модернізації економіки: модель сталого споживання та виробництва» (С.В. Берзіна та ін.)

ISBN 978-966-916-459-9

Розробляли довідник авторський колектив: С.В. Берзіна, Г.С. Бузан, В.М. Вакараш, Т.В. Князькова, А.В. Ворфоломеєв, Ю.В. Гайдаєнко, Б.М. Кравченко, О.В. Ткач, О.А. Чайковський, О.П. Хохотва, М.М. Цибка, І.Л. Шилович.

Довідник місить інформацію про основні інструменти зеленої економіки як основи моделі сталого споживання та виробництва в поєднанні з методичними рекомендаціями та практичними прикладами щодо застосування таких інструментів.

Видання дозволить швидко та легко вивчити основи сталого споживання та виробництва на основі міжнародних, регіональних, національних та інших стандартів з метою поліпшення екологічної дієвості організації та підвищення конкурентоспроможності продукції з поліпшеними екологічними характеристиками.

Видання містить малюнки, термінологічний словник та посилання на додаткові джерела інформації.

Рекомендовано для державних службовців, науковців, аспірантів, студентів, представників ділових кіл та засобів масової інформації і широкого кола читачів, зацікавлених у питаннях екологізації економіки.

Посібник «Системи екологічного управління: сучасні тенденції та міжнародні стандарти» (С.В. Берзіна, І.І. Яреськовська та ін.)

ISBN 978-617-7326-29-7

Розробляли авторський колектив: С.В. Берзіна, В.М. Берзін, В.М. Вакараш, А.В. Ворфоломеєв, В.Г. Горопацький, Н.О. Дюжилова, О.М. Картавцев, С.Ю. Перминова, О.В. Ткач, І.І. Яреськовська.

У довіднику репрезентовані принципи, методи та практичні приклади, які стосуються систем екологічного управління відповідно до міжнародних та європейських стандартів, проаналізовано основні нововведення та зміни, що містяться в стандарті ISO 14001:2015, та наведено деякі рекомендації щодо розроблення та впровадження системи екологічного управління згідно з ISO 14001:2015.

Видання дозволить швидко та легко вивчити основи управління екологічними аспектами та життєвим циклом продукції, ознайомитися з методикою оцінювання екологічних аспектів та впливів, характеристик та переваг продукції на основі міжнародних стандартів серії ISO 14000.

Видання містить малюнки, схеми, таблиці та термінологічний словник.

Рекомендовано для державних службовців, представників ділової сфери, відповідальних за розроблення та впровадження системи екологічного управління, екологів, викладачів та студентів ВНЗ, маркетологів, працівників засобів масової інформації, широкого кола читачів, зацікавлених питаннями системи екологічного управління.

Навчальний посібник «Екологічні основи управління водними ресурсами» (А.І. Томільцева, А.В. Яцик, В.Б. Мокін та ін.)

ISBN 978-617-7640-00-3

В написанні посібника брали участь: Томільцева А.І., Михайленко Л.Є., Барановська В.Є., Курилюк М.С., Овчаренко І.І., Яцик А.В., Чернявська А.П., Томільцев І.М., Петрук В.Г., Люта Н.Г., Лютий Г.Г., Саніна І.В., Федоровський О.Д., Томченко О.В., Мокін В.Б., Крижановський Є.М., Ящолт А.Р., Петроченко В.І., Зуб Л.М., Гребінь В.В., Хільчевський В.К., Панасюк І.В., Скідан В.В., Шинкарук Л.А., Гопчак І.В., Корбутяк В.М. Загоровський Д.О., Єзловецька І.С., Бабій П.О., Гуйда В.В., Гавриков Ю.С., Юречко Ю.О.

У посібнику наведено комплекс питань з екологічних основ управління водними ресурсами України, висвітлено: характеристику водних ресурсів, їх проблеми в XXI сторіччі, визначено шляхи поліпшення екологічної ситуації у сфері водних ресурсів і механізми реалізації екологічної політики у водному господарстві, стратегія екологічно-безпечного користування, забезпечення безпеки гідротехнічних споруд, моніторинг стану водних об'єктів, використання дистанційного зондування Землі для дослідження стану екосистем, нормативно-правові акти із раціонального використання та охорони водно-земельних ресурсів, надано розрахунки з оцінки якості природних вод.

Навчальний посібник «Основи біобезпеки (екологічний складник)» (Л. П. Новосельська та ін.)

ISBN 978-966-916-450-6

Розробляли посібник авторський колектив: Л. П. Новосельська, Т. Г. Іващенко, В. П. Гандзюра, О. П. Кулінич.

За загальною науковою редакцією д.б.н. О. І. Бондаря.

Навчальний посібник є розширеним курсом лекцій і пропонує вибіркові лабораторні роботи з дисципліни «Основи біобезпеки».

Посібник буде актуальним для підвищення кваліфікації державних службовців, спеціалістів з екологічної безпеки та фахівців природоохоронної діяльності.

Навчальний посібник «Екологія землекористування» (А.М. Третяк та ін.)

ISBN 978-617-7326-28-0

Авторський колектив: О.С. Будзяк, В.М. Третяк, О.С. Дорош, В.М. Будзяк, Ю.О. Юречко. За загальною редакцією Третяка А.М.

У посібнику викладено сутність поняття екології землекористування в умовах нових земельних відносин; розкрито концептуальні засади екологізації землекористування в Україні на сучасному етапі його розвитку та законодавчо-нормативні проблеми екологічних відносин прав власності та прав користування землею. Розкрито методологічні засади формування сталого землекористування як основи його екологізації та методи й інструменти урахування екологічного чинника в земельній політиці. Висвітлено екологічні показники Європейської економічної комісії ООН для країн Східної Європи і Центральної Азії у сфері землекористування та міжнародний досвід оцінки шкоди, заподіяної земельним та іншим природним ресурсам. Досліджено тенденції розподілу використання земельних ресурсів за формами власності; соціальними, економічними та екологічними інтересами; господарським їх використанням; функціональним та дозволеним їх використанням; екологічною спрямованістю; оцінено тенденції екологічної стабільності землекористування та агроекологічну придатність сільськогосподарських земель за методом ФАО. Обґрунтовано сучасні методи та інструменти державного адміністрування (регулювання) і оцінки ефективності проектів землеустрою, відшкодування збитків, заподіяних землям і ґрунтам; адміністрування екологічної регламентації та нормування використання й охорони земель.

Рекомендовано для державних службовців природоохоронних, земельних, сільськогосподарських органів управління виконавчої влади та службовців місцевого самоврядування, науковців, аспірантів, студентів.

Посібник для громадських інспекторів з охорони довкілля «Громадський екологічний контроль» (С.В. Берзіна, В.Є. Борейко, Г.С. Бузан)

ISBN 978-966-916-458-2

Посібник виданий під загальною редакцією Яковлєва І.О.

Книга розкриває аспекти правового регулювання системи громадського екологічного контролю з боку громадських організацій природоохоронного спрямування та діяльності громадських інспекторів з охорони довкілля. Значна увага приділена практичним аспектам та прикладам здійснення громадського екологічного контролю за різними напрямками: боротьба із забрудненням довкілля та незаконним обігом об'єктів флори та фауни, рубки лісу, рибне і мисливське браконьєрство тощо.

Посібник містить малюнки та посилання на додаткові джерела інформації.

Посібник призначений для громадських інспекторів з охорони довкілля, державних службовців, екологів, викладачів, студентів, а також представників інститутів громадянського суспільства, засобів масової інформації та широкого кола читачів, зацікавлених у питаннях охорони довкілля.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Аблєєва Ірина Юріївна (Суми) – кандидат технічних наук, старший викладач, Сумський державний університет.

Азаров Сергій Іванович (Київ) – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту ядерних досліджень НАН України.

Ахмедова Вероніка Рамзанівна (Миколаїв) – аспірант, Національний університет кораблебудування імені адм. Макарова.

Бабіцька Олена Анатоліївна (Київ) – кандидат технічних наук, Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України.

Безпальченко Віолета Михайлівна (Херсон) – кандидат хімічних наук, доцент, Херсонський національний технічний університет.

Бошков Леонід Зіновійович (Одеса) – кандидат технічних наук, доцент, Одеська національна академія харчових технологій.

Бондар Олександр Іванович (Київ) – доктор біологічних наук, професор, ректор Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, Заслужений діяч науки та техніки України, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України.

Вознюк Ярослав Юрійович (Київ) – Національний транспортний університет.

Волгушева Наталя Вікторівна (Одеса) – кандидат технічних наук, Одеська національна академія харчових технологій.

Вольчин Ігор Альбінович (Київ) – доктор технічних наук, інститут вугільних енерготехнологій НАН України.

Голуб Геннадій Анатолійович (Київ) – доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Гринцова Наталія Борисівна (Суми) – доцент, кандидат біологічних наук, Сумський державний університет.

Дадерко Олеся Ігорівна (Одеса) – аспірант, Одеський національний політехнічний університет.

Дехтярьова Олена Олександрівна (Харків) – кандидат біологічних наук , Харківська гуманітарно-педагогічна академія.

Дмитроченкова Елла Ігорівна (Київ) – кандидат технічних наук, доцент, Київський національний університет будівництва та архітектури.

Задунай Олексій Сергійович (Київ) – здобувач, начальник центру Державного науково-дослідного інституту спеціального зв'язку та захисту інформації.

Іщенко Олексій Костянтинович (Дніпро) – кандидат технічних наук, доцент, Державний вищий науковий заклад «Національний гірничий університет».

Іщенко Костянтин Степанович (Дніпро) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України.

Катирджыоглу Т. Яшар (Анкара, Турецька Республіка) – кандидат хімічних наук, ARTECS Anadolu R&D Technology Engineering and Consultancy Inc., Ankara.

Котикович Ігор Вікторович (Київ) – Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України.

Красовський Володимир Васильович (Хорол) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник Хорольський ботанічний сад.

Кривомаз Тетяна Іванівна (Київ) – доктор технічних наук, доцент кафедри охорони праці і навколишнього середовища, Київський національний університет будівництва та архітектури.

Кузьмінський Віктор Валентинович (Київ) – кандидат сільськогосподарських наук, президія Національна академія аграрних наук України

Кузьмінський Валентин Олександрович (Київ) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Кухнюк Оксана Володимирівна (Умань) – аспірант кафедри овочівництва, Уманський національний університет садівництва.

Линдіна Юлія Миколаївна (Суми) – аспірант, Сумський державний університет.

Лямзін Андрій Олександрович (Маріуполь) – ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».

Макаренко Наталія Олексіївна (Суми) – асистент, Сумський державний університет

Максимова Наталія Миколаївна (Дніпро) – кандидат технічних наук, доцент, Дніпровський державний аграрно-економічний університет.

Малєєв Володимир Олексійович (Херсон) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Херсонський національний технічний університет.

Машков Олег Альбертович (Київ) – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, Заслужений діяч науки та техніки України.

Мезін Сергій Васильович (Київ) – інститут вугільних енерготехнологій НАН України.

Менейлюк Олександр Іванович (Одеса) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва і архітектури.

Незбрицька Інна Миколаївна (Київ) – кандидат біологічних наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Нестеренко Сергій Анатолійович (Одеса) – доктор технічних наук, професор, Одеський національний політехнічний університет.

Ніколаєнко Ірина Володимирівна (Маріуполь) – ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».

Олійник Наталя Володимирівна (Одеса) – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельного виробництва Одеська державна академія будівництва і архітектури.

Ополінський Ігор Олегович (Київ) – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Орлінська Ольга Вікторівна (Дніпро) – доктор геологічних наук, професор, Дніпровський державний аграрно-економічний університет.

Пальчик Оксана Олександрівна (Харків) – кандидат сільськогосподарських наук, Харківська гуманітарно-педагогічна академія.

Пашков Дмитро Павлович (Київ) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екологічного моніторингу, геоінформаційних та аерокосмічних технологій Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, Заслужений діяч науки та техніки Автономної Республіки Крим.

Перебинос Альона Ростиславівна (Київ) – аспірантка кафедри охорони праці і навколишнього середовища, Київський національний університет будівництва та архітектури.

Петров Станіслав Володимирович (Київ) – доктор технічних наук, Інститут газу Національної академії наук України.

Пікареня Дмитро Сергійович (Кам'янське) – доктор геологічних наук, професор, Дніпровський державний технічний університет.

Пляцук Леонід Дмитрович (Суми) - доктор технічних наук, професор, Сумський державний університет.

Ребрикова Поліна Андріївна (Київ) – студент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Рокочинський Анатолій Миколайович (Рівне) – доктор технічних наук, професор Національний університет водного господарства та природокористування.

Романюк Анатолій Миколайович (Суми) – доктор медичних наук, професор, Сумський державний університет.

Саблій Лариса Андріївна (Київ) – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Савчук Дмитро Петрович (Київ) – кандидат технічних наук, Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України.

Саух Ігор Анатолійович (Одеса) – аспірант, Одеський національний політехнічний університет.

Семенова Ольга Олександрівна (Одеса) – кандидат біологічних наук, молодший науковий співробітник, Одеський Національний Університет імені І.І. Мечникова.

Сидоренко Володимир Леонідович (Київ) – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри профілактики пожеж та безпеки життєдіяльності населення Інституту державного управління у сфері цивільного захисту.

Тетьоркіна Валентина Анатоліївна (Харків) – старший викладач кафедри природничих дисциплін, Харківська гуманітарно-педагогічна академія.

Ткачук Костянтин Костянтинович (Київ) – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Трохименко Ганна Григорівна (Миколаїв) – кандидат біологічних наук, професор, Національний університет кораблебудування імені адм. Макарова.

Турченюк Василь Олександрович (Рівне) – кандидат технічних наук, доцент, Національний університет водного господарства та природокористування.

Хандогіна Ольга Вадимівна (Харків) – старший викладач, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетові.

Хижняк Світлана Володимирівна (Київ) – доктор біологічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Черниш Єлізавета Юріївна (Суми) – кандидат технічних наук, докторант, старший викладач, Сумський державний університет.

Чернікова Наталя В'ячеславівна (Харків) – Харківська гуманітарно-педагогічна академія.

Чубур Вікторія Сергіївна (Суми) - студент, Сумський державний університет

Шевченко Роман Юрійович (Київ) – кандидат географічних наук, здобувач ступеня вищої освіти доктора наук, доцент кафедри Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Шепель Інна Михайлівна (Харків) – Харківська гуманітарно-педагогічна академія.

Ясинецький Андрій Олексійович (Київ) – інститут вугільних енерготехнологій НАН України.

Яхненко Олена Миколаївна (Суми) – кандидат технічних наук, асистент, Сумський державний університет.

Наукове видання

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

1(20), Том 1

- ***Загальні проблеми екологічної безпеки навколишнього середовища***
- ***Екологія і виробництво***
- ***Екологія та економіка природокористування***
- ***Проблеми еколого-збалансованого розвитку***
- ***Теоретична екологія***
- ***Екологія природних ресурсів***
- ***Біологічна безпека***
- ***Розвиток природно-заповідного фонду України***
- ***Інноваційні аспекти підвищення рівня екобезпеки***
- ***Екологічні питання в контексті євроінтеграції України***
- ***Сторінка молодого вченого***

Адреса редакції:
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корпус 2, Київ, 03035;
тел./факс (+38 044) 206-30-34;
www.ecoj.dea.kiev.ua
e-mail: info@ecoj.dea.kiev.ua

Видавничий дім «Гельветика»
E-mail: mailbox@helvetica.com.ua Свідоцтво суб’єкта видавничої справи
ДК № 4392 від 20.08.2012 р.

Підписано до друку 05.05.2018. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Цифровий друк.
Ум.-друк. арк. 18,6. Тираж 100. Замовлення № 0618/67.
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета